



Heft 52, 2017

**WSL Berichte**

ISSN 2296-3456

# **Altholzpoteziale der Schweiz für die energetische Nutzung**

Ergebnisse einer Vollerhebung

Matthias Erni, Oliver Thees, Renato Lemm



Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL  
CH-8903 Birmensdorf



Heft 52, 2017

**WSL Berichte**

ISSN 2296-3456

# **Altholzpoteuziale der Schweiz für die energetische Nutzung**

Ergebnisse einer Vollerhebung

Matthias Erni, Oliver Thees, Renato Lemm

Herausgeberin  
Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL  
CH-8903 Birmensdorf

Verantwortlich für die Herausgabe der Schriftenreihe  
Prof. Dr. Konrad Steffen, Direktor WSL

Verantwortlich für dieses Heft  
Prof. Dr. Konrad Steffen, Direktor WSL  
Dr. Oliver Thees, Leiter Forschungsgruppe Forstliche Produktionssysteme der WSL

Kontakt  
Matthias Erni, Dr. Oliver Thees, Dr. Renato Lemm  
Eidg. Forschungsanstalt WSL, Zürcherstrasse 111, CH-8903 Birmensdorf

Review  
Werner Riegger (Bundesamt für Umwelt, BAFU) und Cyril Inderbitzin (arv, Baustoffrecycling Schweiz)

Layout  
Jacqueline Annen, Eidg. Forschungsanstalt WSL

Zitierung  
ERNI, M.; THEES, O.; LEMM, R., 2017: Altholzpoteziale der Schweiz für die energetische Nutzung, Ergebnisse einer Vollerhebung. WSL Ber. 52: 69 S.

PDF Download [www.wsl.ch/publikationen/pdf/16028.pdf](http://www.wsl.ch/publikationen/pdf/16028.pdf)

ISSN 2296-3448 (Print)  
ISSN 2296-3456 (Online)

Herzlicher Dank gilt  
Den Teilnehmern und Teilnehmerinnen der Umfrage in der Branche.  
Dem Verband Baustoffrecycling Schweiz (arv) für die kompetente Unterstützung.  
Frau Dr. Doris Hölling für die redaktionelle Überarbeitung.  
Dem Swiss Competence Center for Energy Research – Biomass for Swiss Energy Future (SCCER BIOSWEET) bzw. der Kommission für Technologie und Innovation (KTI) für die Finanzierung des Projektes.



Fotos Umschlag:  
Vom Altholzaufkommen zur energetischen Verwertung (von oben nach unten):  
Vermischtes Altholz (Fensterrahmen, Gartenzäune, Balken), Bild: Cyril Inderbitzin (arv)  
Wenig verschmutztes Altholz Palettenhaufen, Bild: Doris Hölling (WSL)  
Sortiertes Altholz (Balken), Bild: Cyril Inderbitzin (arv)  
Sortiertes Altholz (Bretter), Bild: Cyril Inderbitzin (arv)  
Zerkleinertes, mit Nägeln verunreinigtes Altholz, Bild: Doris Hölling (WSL)  
Aufbereitetes Altholz für die energetische Nutzung, Bild: Cyril Inderbitzin (arv)

© Eidg. Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WSL  
Birmensdorf, 2017

## Zusammenfassung

Altholz ist ein begehrter Rohstoff und fällt dort an, wo Holzprodukte das Ende ihrer Nutzungsdauer erreicht haben. In der Schweiz wird der weitaus grösste Anteil energetisch und kleinere Mengen stofflich zur Herstellung von Spanplatten genutzt. Zudem gibt es einen regen Handel mit dem Rohstoff.

Das schweizerische Kompetenzzentrum für Energieforschung im Bereich Biomasse (SCCER BIOSWEET) möchte vor dem Hintergrund der Energiewende den Beitrag von Biomasse zur Energieversorgung der Schweiz erhöhen. Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald Schnee und Landschaft (WSL) untersucht in diesem Zusammenhang verschiedene Biomasseressourcen und ihre Potenziale für die energetische Nutzung. Dazu gehört auch das Altholz. Wichtige Aspekte sind die Verfügbarkeit, die Verwendung und die zukünftige Entwicklung des Rohstoffs. Es wurde eine fundierte Datengrundlage für die Schweiz erstellt, welche über das Aufkommen und die Verwendung von Altholz detailliert Auskunft gibt. Die Angaben basieren auf einer in der Schweiz bisher einmaligen landesweiten Umfrage bei 567 Betriebsstätten für die Sammlung, den Transport und/oder die Entsorgung von Altholz.

In der Schweiz wurden 2014 1,484 Mio. Tonnen Altholz erfasst (Handelsvolumen; also inklusive mehrfach gehandelter Volumina). Das tatsächliche Aufkommen von Altholz beträgt 0,998 Mio. Tonnen (Marktvolumen). Davon wurden im Inland nur geringe Mengen stofflich genutzt. Es verbleiben 0,817 Mio. Tonnen (11,7 PJ Primärenergieinhalt), die nachhaltig energetisch genutzt werden könnten. Die energetisch genutzte Menge von Altholz in der Schweiz beträgt jedoch nur 0,644 Mio. Tonnen. Dementsprechend wären rund 0,170 Mio. Tonnen Altholz zusätzlich nutzbar. Dieses Holz wird heute jedoch hauptsächlich ins Ausland exportiert und dort sowohl energetisch, wie auch stofflich genutzt. Bei einer Nutzung im Inland würden Transporte entfallen und damit sowohl Kosten als auch klimaschädliche Abgase vermieden. Die Wertschöpfung könnte im Inland verbleiben und ein Beitrag zur Energiewende geleistet werden.

Die grössten theoretischen und nachhaltigen Altholzpotenziale für die energetische Nutzung befinden sich im Kanton Bern. Allerdings werden dort auch bereits grosse Anteile energetisch genutzt. Die grössten zusätzlich energetisch nutzbaren Potenziale befinden sich in den Kantonen Solothurn, St. Gallen, Basel Land, Luzern und Zürich. Die räumliche Verteilung des Handelsvolumens und der innerbetrieblichen Nutzungen zeigen, dass viele kleine und mittlere Betriebsstätten mit Altholz handeln, während einige grosse das Altholz meist zur Energieerzeugung verwenden.

Da die kaskadische Nutzung des Altholzes aus Gründen der CO<sub>2</sub>-Reduktion und der Wertschöpfung sinnvoll und wünschenswert ist, aber in der Schweiz kaum stattfindet, sollten die Möglichkeiten ihrer technischen und ökonomischen Umsetzung besser untersucht werden.

Stichwörter: Altholz, Biomasse, Potenziale, Energie, Befragung



## Inhalt

Zusammenfassung	3
<b>1 Einführung</b>	<b>9</b>
<b>2 Begriffe</b>	<b>11</b>
<b>3 Methoden</b>	<b>13</b>
3.1 Definition Altholz	13
3.2 Überblick Erhebung und Auswertung	14
3.3 Erstellen der Adressdatenbank	14
3.4 Durchführung der Befragung	15
3.4.1 Schriftliche Befragung	15
3.4.2 Telefonische Befragung	16
3.5 Erfasste Daten und Hochrechnung	17
3.5.1 Ermittlung von Altholzentsorgern, Ausschliesslichen Altholztransporteuren, Keinen Altholzentsorgern/-transporteuren	19
3.5.1.1 Ermittlung gesamtschweizerisch	19
3.5.1.2 Ermittlung der Grundgesamtheit in den Kantonen	21
3.5.2 Ermittlung des Altholzaufkommens	21
3.5.2.1 Bildung homogener Teilgruppen (Betriebsgrössenklassen)	22
3.5.2.2 Antwortlücken (Nicht Beantwortung einzelner Fragen)	22
3.5.2.3 Antwortausfälle	22
3.5.2.4 Behandlung der Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA)	23
3.6 Erläuterungen der Auswertungsgrössen	23
<b>4 Resultate</b>	<b>25</b>
4.1 Überblick - erfasste Daten und Hochrechnung	25
4.1.1 Schweiz	25
4.1.2 Kantone	27
4.2 Potenziale	30
4.2.1 Theoretisches Potenzial und Marktvolumen	30
4.2.2 Nachhaltiges Potenzial Schweiz	31
4.2.3 Bereits genutztes Potenzial Schweiz	32
4.2.4 Zusätzlich Nutzbares Potenzial Schweiz	32
4.2.5 Weitertransport Schweiz	32
4.2.6 Potenziale in den Kantonen	32
4.3 Innerbetriebliche Altholznutzung	36
4.4 Vertrieb des Altholzes	38
4.5 Vertrieb des Altholzes an Endverwerter	38
4.6 Herkunft des Altholzes	39
4.7 Altholzmengen der Kehrlichtverbrennungsanlagen (KVA)	41
<b>5 Wichtigste Ergebnisse und Schlussbemerkungen</b>	<b>43</b>
<b>6 Anhang</b>	<b>47</b>
6.1 Erfasste Daten und Hochrechnung – Beispiel Kanton Aargau	47
6.1.1 Übersicht	47
6.1.2 Ermittlung der Altholzentsorger, Ausschliesslichen Altholztransporteure und Keine Altholzentsorger/Altholztransporteure	48
6.1.3 Ermittlung des Altholzaufkommens	50
6.1.3.1 Einteilung in homogene Teilgruppen (Betriebsgrössenklassen)	50
6.1.3.2 Ermittlung der Mengenwerte von Antwortlücken und Antwortausfällen	52
6.1.3.3 Berechnung der Mengenwerte jedes Befragungsschritts	54
6.2 Resultate der Kantone	56
6.2.1 Erfasste Daten und Hochrechnung	56
6.3 Altholzmengen in den Gemeinden	62
6.4 Fragebogen zu Altholzaufkommen und -vertrieb in der Schweiz	64
6.5 Vergleich Altholzpoteziale mit anderen Biomassen	67
<b>7 Literatur</b>	<b>69</b>

**Abbildungen**

Abbildung 1:	Schema zur Abfallverwertung.	9
Abbildung 2:	Energetische Nutzungspfade des Altholzes in der Schweiz.	10
Abbildung 3:	Altholzdefinition in Deutschland , der Schweiz und in der vorliegenden Studie.	13
Abbildung 4:	Energieholzpotenziale aus Altholz in den Kantonen.	29
Abbildung 5:	Energieholzpotenziale aus Altholz in der Schweiz (räumliche Darstellung).	29
Abbildung 6:	Räumliche Verteilung des Marktvolumens oder Theoretischen Potenzials und seine Verwertung.	34
Abbildung 7:	Räumliche Verteilung des Marktvolumens oder Theoretischen Potenzials pro Einwohner 2014	35
Abbildung 8:	Innerbetriebliche Nutzung von Altholz in den Kantonen.	37
Abbildung 9:	Vertrieb von Altholz an Endverwerter zur energetischen Nutzung, Herstellung von Spanplatten, Beseitigung oder anderes im Inland und ins Ausland.	40
Abbildung 10:	Altholzpoteziale für eine energetische Nutzung im Vergleich mit allen verholzten Biomassen.	46
Abbildung 11:	Flüsse und Potenziale für eine energetische Nutzung von Schweizer Altholz im Jahr. Die hellgrüne Fläche entspricht der stofflichen Nutzung.	46
Abbildung 12:	Räumliche Verteilung der, in der Umfrage erfassten und zugeschätzten Altholzmengen	62
Abbildung 13:	Räumliche Verteilung der innerbetrieblich genutzten Altholzmengen	63
Abbildung 14:	Aufbau des Fragebogens.	64

**Tabellen**

Tabelle 1:	Adressquellen und Adressüberarbeitung	15
Tabelle 2:	Rücklaufübersicht der schriftlichen Befragung.	16
Tabelle 3:	Rücklaufstatistik der gesamten Befragung	17
Tabelle 4:	Darstellung der Hochrechnung der Betriebsstätten für die ganze Schweiz.	18
Tabelle 5:	Gebildete homogene Teilgruppen (Betriebsgrössenklassen)	22
Tabelle 6:	Gegenüberstellung der gesamtschweizerisch eindeutigen Antworten aus der Befragung und den geschätzten Mengen.	26
Tabelle 7:	Übersicht zu den Auswertungsgrössen auf kantonaler Ebene (in t Altholz).	27
Tabelle 8:	Übersicht zu den kantonalen Potenzialen (in PJ Primärenergieinhalt).	28
Tabelle 9:	Nutzung und Vertrieb des Altholzes. Handelsvolumen und zwei Varianten für die Berechnung des Marktvolumens .	30
Tabelle 10:	Innerbetriebliche Nutzung nach Grössenklassen, Altholzentsorger.	36
Tabelle 11:	Innerbetriebliche Nutzung von Altholz	36
Tabelle 12:	Vertrieb des Altholzes nach Betriebsgrössenklassen.	38
Tabelle 13:	Vertrieb an Endverwerter im In- und Ausland.	39
Tabelle 14:	Herkunft des Altholzes nach Betriebsgrössenklassen	39
Tabelle 15:	In der Befragung erfasste Mengen, geschätzte Mengen und Mengen nach der Hochrechnung für die Kehrrechtverbrennungsanlagen.	41
Tabelle 16:	Umgesetzte Menge (Handelsvolumen) und Verfügbarkeit von Altholz für die energetische Nutzung in der Schweiz. Verschiedene Studien im Vergleich.	44
Tabelle 17:	Übersicht zu den erfassten und hochgerechneten Betriebsstätten im Kanton Aargau.	48
Tabelle 18:	Gegenüberstellung und Einteilung der gesamtschweizerisch erfassten und der hochgerechneten Kehrrechtverbrennungsanlagen nach erfasster Menge Altholz in Betriebsgrössenklassen.	51
Tabelle 19:	Beispielhafte Zuordnung der schweizerisch hochzurechnenden Kehrrechtverbrennungsanlagen zu den Kantonen mit Hilfe einer Zufallszahl.	52
Tabelle 20:	Auszug aus der Ergebnistabelle des Kantons Aargau für Altholztransporteure der Betriebsgrössenklasse «1 000–2 499» Tonnen Altholz.	53
Tabelle 21:	Gegenüberstellung von erfassten Daten und hoch gerechneten Werten für das Jahr 2014 in der Schweiz mit Auflösungsebene Kanton.	56
Tabelle 22:	Fragebogen zu Altholzaufkommen und -vertrieb in der Schweiz	65

## Abkürzungen

A	Von den Betriebsstätten an andere Altholzentsorger oder -transporteure weiter vertriebene Altholzmengen
AaAEAT	An andere Altholzentsorger oder Altholztransporteure
ABS	Altholz Betriebsstätten
AE	Altholzentsorger
AEV	An Endverwerter
AH	Im Betrieb erfasste Mengen Altholz
ARV	Aushub Rückbau und Recycling Verband Schweiz
AT	Ausschliessliche Altholztransporteure
Ausschl.	Ausschliesslich
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BbA	Beseitigung von belastetem Altholz (im In- und Ausland)
BFS	Bundesamt für Statistik
BG	Bereits genutztes Potenzial
BIOSWEET	<b>B</b> IOmass for <b>SW</b> iss <b>En</b> ergy fu <b>T</b> ure
CH	Schweiz
eAHM	Erfasste Altholzmengen
EGr	Hochzurechnende Betriebsstätten und ihre zugeordnete Kategorie (Entsorgergruppe)
EigS	Eigene Sammlung von Altholz
Exp.	Export
FS	Frischsubstanz
Gr	Gruppe
Wv	Weiter vertriebenes Altholz
gM	geschätzte Mengen
HS	Herstellung von Spanplatten (im In- und Ausland)
HV	Handelsvolumen
I	Import von Altholz
ibN	innerbetriebliche Nutzung
idBeM	In der Befragung erfasste Mengen
Inl.	Inland
J	Joule
KAEAT	Kein Altholzentsorger oder Ausschliesslicher Altholztransporteur
Kang	Keine Angabe
KEAT	Kein Altholzentsorger/Altholztransporteur
KEV	Kostendeckende Einspeisevergütung

KT	Kanton ( <b>AG</b> Aargau, <b>AI</b> Appenzell Innerrhoden, <b>AR</b> Appenzell Ausserrhoden, <b>BE</b> Bern, <b>BL</b> Basel-Land, <b>BS</b> Basel-Stadt, <b>FR</b> Fribourg, <b>GE</b> Genève, <b>GL</b> Glarus, <b>GR</b> Graubünden, <b>JU</b> Jura, <b>LU</b> Luzern, <b>NE</b> Neuchâtel, <b>NW</b> Nidwalden, <b>OW</b> Obwalden, <b>SG</b> St. Gallen, <b>SH</b> Schaffhausen, <b>SO</b> Solothurn, <b>SZ</b> Schwyz, <b>TG</b> Thurgau, <b>TI</b> Ticino, <b>UR</b> Uri, <b>VS</b> Valais, <b>VD</b> Vaud, <b>ZG</b> Zug, <b>ZH</b> Zürich)
KVA	Kehrichverbrennungsanlage
kWh	Kilowattstunde
LRV	Luftreinhalteverordnung
MEI	Menge an Endverwertern im Ausland
MH	Mengen nach der Hochrechnung
MV	Marktvolumen
NP	Nachhaltiges Potenzial
PJ	Petajoule
SCCER	<b>S</b> wiss <b>C</b> ompetence <b>C</b> enter for <b>E</b> nergy <b>R</b> esearch
t	Tonnen Frischsubstanz (FS) (Annahme lufttrocken), sofern nichts anderes vermerkt
TeIB	Telefonische Befragung
TP	Theoretisches Potenzial
VeVA	<b>V</b> erordnung über den <b>V</b> erkehr mit <b>A</b> bfällen
VVEA	<b>V</b> erordnung über die <b>V</b> ermeidung und die <b>E</b> ntsorgung von <b>A</b> bfällen
WSL	Eidgenössische Forschungsanstalt für <b>W</b> ald <b>S</b> chnee und <b>L</b> andschaft
WT	Weitertransport
ZP	Zusätzlich Nutzbares Potenzial

## 1 Einführung

Als Altholz gekennzeichnet sind in der Schweiz gemäss den Listen über den Verkehr von Abfällen (VeVA, 2005 und vorliegender Bericht Kap. 3.1):

- Verpackungen aus Holz
- Altholz von Baustellen, Abbrüchen, Renovationen, Umbauten
- Zerkleinerte Holzabfälle, deren Schadstoffgehalte die Richtwerte für die stoffliche Verwertung oder für Altholzfeuerungen einhalten, inklusive Siebüberlauf

Aus Unternehmenssicht wird jedoch sämtliches Holz, welches bereits einmal in Gebrauch war, als Altholz verstanden (MURER 2015). Dazu gehören auch die problematischen Holzabfälle und Sperrmüll aus Holz, die zwar in der VeVA-Liste aufgeführt, aber nicht explizit als Altholz gekennzeichnet sind. In der vorliegenden Studie wird der Begriff Altholz auch in diesem Sinne verwendet. Nicht zum Altholz zählen insbesondere Abfälle von naturbelassenem Waldholz, Industrie-restholz oder Baum- und Strauchschnitt.

Altholz ist ein gefragter Rohstoff; er wird stofflich und energetisch genutzt. Im Inland wird er meist als Energieholz eingesetzt. Dabei wird der Altholzmarkt durch Gesetzgebungen umwelt- und energiepolitischer Art beeinflusst.

Die massgebenden rechtlichen Grundlagen zum Umgang mit Altholz sind:

- VeVA (Verordnung über den Verkehr mit Abfällen)
- VVEA (Verordnung über die Vermeidung und Entsorgung von Abfällen)
- LRV (Luftreinhalte Verordnung)

Daraus ergeben sich folgende Grundsätze (Abb. 1). Die VeVA stellt sicher, dass Abfälle nur an geeignete Entsorgungsunternehmen übergeben werden (VeVA 2005). Gemäss VVEA 2015 wird Altholz als biogener Abfall betrachtet. Grundsätzlich sind Abfälle zu vermeiden. Ist dies nicht möglich, sollen sie nach dem Stand der Technik stofflich und energetisch verwertet werden, sofern die Umwelt dadurch weniger belastet wird, als durch eine Entsorgung oder die Herstellung neuer Produkte beziehungsweise durch die Beschaffung anderer Brennstoffe. Sind Holzabfälle nicht oder nur marginal mit Schadstoffen belastet, können sie zu Holzwerkstoffen wie Spanplatten verarbeitet werden. Eine spätere energetische Nutzung ist immer noch möglich (Kaskadennutzung). Behandeltes Holz, beispielsweise aus Bauten, von Möbeln, Verpackungen oder Paletten, darf in Altholzfeuerungen oder in Zementwerken entsorgt beziehungsweise energetisch genutzt werden, sofern diese mit einem Staubfilter ausgerüstet sind. Problematische Holzabfälle, die mit Holzschutzmitteln behandelt oder halogenorganisch beschichtet sind, müssen in Kehrichtverbrennungs- oder anderen geeigneten Anlagen entsorgt werden (vgl. auch BAFU 2016). Vermutlich wird heute auch ein Teil des Altholzes illegal in Cheminées, Öfen und Kleinf Feuerungsanlagen – ohne die zur Verbrennung notwendigen Filter – genutzt (Abb. 2). Alle Feuerungen unterliegen den Vorschriften der Luftreinhalteverordnung (LRV, 2016). Altholz, welches weder energetisch, noch stofflich genutzt werden kann, muss abgelagert werden. Der Anteil von Schweizer Altholz, welcher abgelagert werden muss, ist sehr gering (etwa 400 Tonnen im Jahr 2014). Wahrscheinlich handelt es sich dabei hauptsächlich um Altholz mit polychlorierten Biphenylen (PCB, vgl. Deutschland MEINLSCHMIDT *et al.* 2016). Zudem ist das Recycling des Rohstoffs Altholz ein wichtiges Bindeglied zwischen dem nachwachsenden Rohstoff Holz und einer nachhaltigen, ressourcenschonenden Rohstoffversorgung und Abfallentsorgung.

In der Schweiz untersuchten bisher TAVERNA *et al.* 2010 und LEHNER *et al.* 2014 das Altholzaufkommen. Taverna *et al.* konnten einen leicht steigenden Trend von Altholz bis 2020 prognostizieren und schätzten die heutige gesamtschweizerische Menge auf rund eine Million Tonnen. Auf eine ähnliche Grössenordnung kommen LEHNER *et al.* 2014.

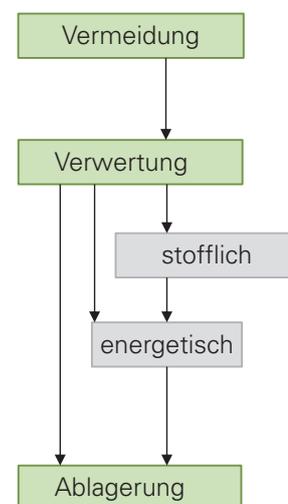


Abb. 1: Schema zur Abfallverwertung.

Diese Abschätzungen basieren jedoch auf älterem Datenmaterial und haben das Thema nicht im Detail behandelt. So fehlen vor allem differenzierte Angaben zur Verfügbarkeit, zur Verwendung und zur räumlichen Verteilung des Altholzaufkommens. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel der vorliegenden Studie, das Altholzaufkommen in der Schweiz und seine Verwendung im Rahmen einer erstmals durchgeführten Vollerhebung mittels Befragung differenziert zu untersuchen. Es soll eine fundierte Datengrundlage für die Schweiz geschaffen werden, welche aufgeteilt nach Regionen über die Altholzpoteziale und deren Nutzung Auskunft gibt. Folgende Fragen stehen dabei im Vordergrund:

- Wie gross ist das heutige Altholzaufkommen und wie ist die räumliche Verteilung?
- Welche Altholzmengen fliessen heute in welche Verwendungen und wie sieht die Verfügbarkeit für eine energetische Verwendung aus?
- Wie könnte sich die Verfügbarkeit in Zukunft ändern? Welche Altholzmengen werden heute unter anderem im Ausland genutzt und wie viel davon könnte zukünftig im Inland verwendet werden?

Da es an der Universität Hamburg bereits einen erprobten Ansatz gab, mit dem ähnliche Fragen, wie die oben genannten beantwortet werden können, wurden die Methoden von MANTAU *et al.* 2012 für die Ermittlung energetischer Potenziale an die vorliegende Studie angepasst und verwendet.

Die vorliegende Studie ist Teil der Untersuchungen des SCCER BIOSWEET (Schweizerisches Kompetenzzentrum für Biomasse), an welchem auch die Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft (WSL) beteiligt ist und unter anderem energetische Potenziale für relevante Biomassen in der Schweiz abschätzt.

Nach der Erläuterung wichtiger Begriffe und der Definition von Altholz, werden die Methoden für die empirische Erfassung und Hochrechnung der Daten erläutert. Im Ergebnisteil erfolgt die Darstellung der ermittelten Holz- und Energiemengen für das theoretische, das nachhaltige, das bereits genutzte und das zusätzlich nutzbare Potenzial sowie deren regionalen Verteilungen. Daran anschliessend folgt ein Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien. Der Anhang zeigt den Fragebogen, die kantonalen Resultate im Detail sowie beispielhaft die Erfassung und Hochrechnung für den Kanton Aargau.

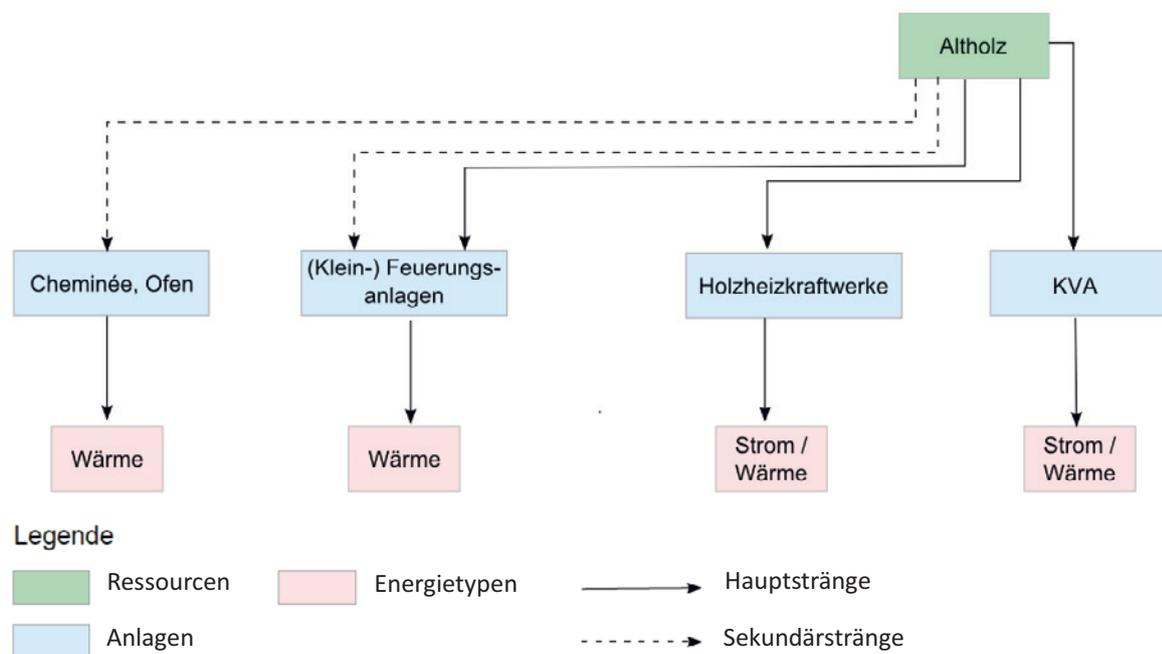


Abb. 2: Energetische Nutzungspfade des Altholzes 2014 in der Schweiz.

## 2 Begriffe

Nachfolgend werden einige wichtige Begriffe erläutert:

*Altholz*: Als Altholz gekennzeichnet sind in der Schweiz gemäss den Listen über den Verkehr von Abfällen (i) Verpackungen aus Holz, (ii) Altholz von Baustellen, Abbrüchen, Renovationen, Umbauten und (iii) zerkleinerte Holzabfälle, deren Schadstoffgehalte die Richtwerte für die stoffliche Verwertung oder für Altholzfeuerungen einhalten, inklusive Siebüberlauf (VeVA, 2005). Aus Unternehmenssicht wird jedoch davon ausgegangen, dass sämtliches Holz welches bereits einmal in Gebrauch war, als Altholz verstanden wird (MURER 2015). Dazu gehören auch die problematischen Holzabfälle und Sperrmüll aus Holz. In der vorliegenden Studie wird der Begriff Altholz auch in diesem Sinne verwendet (vgl. auch Kap. 3.1).

*Altholzentsorger (AE)*: Er nutzt den Grossteil seiner umgesetzten Altholzmenge im eigenen Betrieb für energetische Zwecke, zur Herstellung von Spanplatten, die Beseitigung (Deponie) oder andere Zwecke, wie etwa Kompostierung. AE können jedoch auch einen Teil ihrer Mengen weiter vertreiben.

*Altholztransporteur (AT)*: Ein *Altholztransporteur* kann mit einem *ausschliesslichen Altholztransporteur* gleichgesetzt werden. Sie vertreiben 100% ihrer umgesetzten Altholzmenge weiter.

*Antwortausfälle*: Darunter fallen Betriebsstätten ohne Antworten. Es sind entweder Betriebsstätten, welche keine Antworten geben wollten oder solche, die zwar Interesse zeigten, jedoch innerhalb der Frist keine Angaben machten<sup>1</sup>. In Kapitel 3.5.2.3 werden allgemeine Erläuterungen zum Umgang damit gegeben. Im Anhang wird im Kapitel 6.1.3.2 die Methodik im Detail erläutert mit Fokus auf den Kanton Aargau.

*Antwortlücken*: Darunter fallen Betriebsstätten, welche den Fragebogen zwar mehrheitlich ausfüllten, jedoch einzelne Fragen nicht oder fehlerhaft beantworteten. In Kapitel 3.5.2.2 werden allgemeine Erläuterungen zum Umgang damit gegeben. Im Anhang werden im Kapitel 6.1.3.2 die Methoden im Detail erläutert mit Fokus auf den Kanton Aargau.

*Aufbereiter*: Steht zusammenfassend für *Altholzentsorger* und *Altholztransporteure*.

*Bereits genutztes Potenzial*: Beschreibt das bereits genutzte Energieholzpotenzial aus Altholz. Bezieht sich auf die im Jahr 2014 verwendete Menge an Altholz zur Energieerzeugung.

*Beseitigung*: Entsorgung von Altholz auf einer Deponie.

*Betriebsstätte*: Jede Betriebsstätte kann einer Adresse zugeordnet werden. Insgesamt wurden 567 Betriebsstätten in der ganzen Schweiz angeschrieben. Sie werden als Grundgesamtheit der Umfrage angesehen.

*Eindeutige Antworten*: Sind diejenigen Antworten, welche in der Befragung tatsächlich gegeben wurden. Es sind also keine hochgerechneten Antworten enthalten.

*Endverwerter*: Ist eine Betriebsstätte, welche Altholz innerbetrieblich zur Energieproduktion, Herstellung von Spanplatten, Beseitigung oder für andere Zwecke (z. B. Kompostierung) nutzt.

*Endnutzer*: vgl. Endverwerter.

*Erfasste Daten* und *hochgerechnete Werte*: Erfasste Daten geben die Mengenangaben der beantworteten Fragebogen wieder, während die hochgerechneten Werte die eigentlichen Studienergebnisse darstellen und auch Betriebsstätten und Mengen enthalten, die geschätzt wurden.

*Geschätzte Menge*: Stellt die Differenz zwischen den hochgerechneten Werten und der Menge, welche bei der Umfrage erfasst wurde (erfasste Daten) dar. Es ist die dazu geschätzte Menge.

*Handelsvolumen*: Stellt die Altholzmenge dar, die von den Betriebsstätten 2014 erfasst wurde. Das Handelsvolumen enthält auch den Intrahandel, also diejenigen Mengen, die innerhalb der Branche gehandelt und damit mehrfach gezählt wurden (MANTAU *et al.* 2012).

*Hochgerechnete Werte* und *erfasste Daten*: Hochgerechnete Werte zeigen die eigentlichen Studienergebnisse und enthalten auch Betriebsstätten und Mengen, die geschätzt wurden. Erfasste Daten geben die Mengenangaben der beantworteten Fragebogen wieder.

<sup>1</sup> Gesamtschweizerisch sind diese Betriebsstätten in Tabelle 4, Spalte 2, 85 und Spalte 3, 84 dargestellt.

*Imputationsverfahren:* Verfahren, mit denen für fehlende Werte Ersatzwerte generiert werden können (SCHNELL *et al.* 2005).

*Intrahandel:* Menge, welche innerhalb der Branche gehandelt und damit mehrfach gezählt wurde (MANTAU *et al.* 2012).

*Kein Altholzentsorger/Altholztransporteur (KAEAT):* Dazu gehören die in Tabelle 4 grau hinterlegten Felder. Einerseits zählen dazu Betriebsstätten, welche explizit angaben, weder in der Entsorgung, Sammlung, Aufbereitung noch im Transport von Altholz tätig zu sein. Andererseits gehören Betriebsstätten dazu, welche trotz mehrmaligen Kontaktversuchen nicht erreichbar waren, still gelegt wurden oder aus sonstigen Gründen keine Auskünfte geben konnten.

*Marktvolumen:* Gibt die im Markt maximal verfügbare Menge wieder. Es enthält die intern verwendeten Mengen sowie die Mengen, welche im Ausland an Endverwerter vertrieben werden. Das Marktvolumen enthält keine Mengen mehr, welche innerhalb der Branche gehandelt und deswegen mehrfach gezählt werden. Es entspricht dem theoretischen Potenzial (vgl. Begriff Theoretisches Potenzial sowie Kap. 3.6 und 4.2).

*Nachhaltiges Potenzial:* Beschreibt das nachhaltige Energieholzpotenzial aus Altholz. Berücksichtigt die kaskadische und damit stoffliche Nutzungsart des Altholzes sowie die sachgerechte Entsorgung von belastetem Altholz im In- und Ausland. Deswegen werden vom Marktvolumen (MV, TP) die Herstellung von Spanplatten und die Beseitigung von belastetem Altholz abgezogen.

*Theoretisches Potenzial:* Beschreibt das theoretische Energieholzpotenzial aus Altholz. Es entspricht dem Marktvolumen (vgl. Begriff *Marktvolumen*).

*Vertrieb von Altholz:* Gemeint ist die Weitergabe von Altholz an andere Altholzentsorger und Transporteure.

*Vollerhebung:* Es wurden alle Betriebsstätten, welche mit Altholz in Kontakt sind angeschrieben und oder telefonisch angefragt, an der Studie Teil zu nehmen. Alle angeschriebenen Betriebsstätten konnten identifiziert und einer Rücklaufkategorie zugeordnet werden.

*Weitertransport:* Entspricht der von den Betriebsstätten weiter vertriebenen Menge an Altholz, also jene Menge, welche nicht innerbetrieblich genutzt wird, sondern an andere Altholzentsorger oder transporteure geht.

*Zusätzlich nutzbares Potenzial:* Beschreibt das zusätzlich nutzbare Energieholzpotenzial aus Altholz. Es entspricht der Differenz zwischen dem nachhaltigen und dem bereits genutzten Potenzial. Es besteht hauptsächlich aus Altholz, welches heute im Ausland für die Energieerzeugung eingesetzt wird.

### 3 Methoden

Die vorliegende Studie basiert auf einer eigens durchgeführten Befragung der Altholzentsorger und Altholztransporteure in der Schweiz und wurde als Vollerhebung mittels Befragung konzipiert. Die Methoden stützen sich auf die Studie «Altholz im Entsorgungsmarkt, Aufkommens- und Vertriebsstruktur 2010» von MANTAU *et al.* (2012).

#### 3.1 Definition Altholz

Wenn es um Altholzmengen und deren Verwendung, beziehungsweise Entsorgung geht, ist es wichtig, genau zu definieren, was unter Altholz verstanden wird. Denn die Gesetzgebungen der Länder kennen unterschiedliche rechtliche Definitionen, welche die Zusammensetzung und Qualität des Altholzes beziehungsweise der Holzabfälle differenzierter beschreiben.

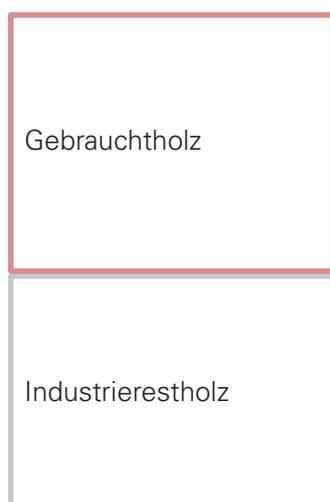
Wie eingangs erwähnt, sind in der Schweiz gemäss den Listen über den Verkehr von Abfällen (VeVA 2005) Verpackungen aus Holz (Abfallcode 15 01 03), Altholz von Baustellen, Abbrüchen, Renovationen, Umbauten (Abfallcode 17 02 97), zerkleinerte Holzabfälle, deren Schadstoffgehalte die Richtwerte für die stoffliche Verwertung oder für Altholzfeuerungen einhalten, inklusive Siebüberlauf (Abfallcode 19 12 98) als Altholz gekennzeichnet. Aus Unternehmenssicht gelten auch problematische Holzabfälle (Abfallcodes 03 03 04, 17 02 98, 19 12 06 und 20 01 37) sowie Sperrmüll aus Holz (Abfallcode 20 03 07) als Altholz (MURER 2015). Diese Definition wird auch in der vorliegenden Studie verwendet und entspricht dem Deutschen Gebrauchtholz (Abb. 3). Nicht zum Altholz zählen insbesondere Abfälle von naturbelassenem Waldholz, Industrierestholz oder Baum- und Strauchschnitt.

Nach deutschem Recht wird gemäss Altholzverordnung (AltholzV 2002) neben Gebrauchtholz auch Industrierestholz zum Altholz gezählt. Deswegen ist ein direkter Vergleich der Altholzmengen mit Deutschland nicht möglich. Dazu müssten Restholz aus Sägereien, Schreinereien und Zimmereien addiert werden.

Im Übrigen werden Industrierestholz (aus Sägereien, Schreinereien Zimmereien, Hobelwerken, usw.) und naturbelassenes Holz aus dem Wald im SCCER BIOSWEET unter den Biomassekategorien Restholz, beziehungsweise Waldholz berücksichtigt.

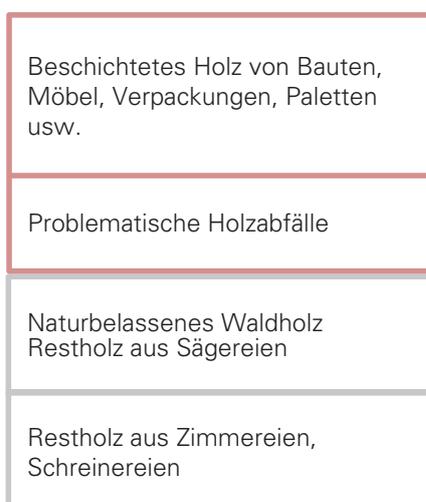
#### Deutschland,

Altholz nach AltholzV 2002



#### Schweiz,

Holzabfälle nach Bafu 2016



Verwendete Definition von Altholz in der vorliegenden Studie

Abb. 3: Altholzdefinition in Deutschland (AltholzV 2002), der Schweiz (VeVA 2005) und in der vorliegenden Studie (rot umrandet).

## 3.2 Überblick Erhebung und Auswertung

Zur Erhebung der Daten wurden Fragebogen an Firmen versandt, die 2014 in der Entsorgung oder am Transport von Altholz beteiligt waren und Altholz umsetzten. Ziel war es, verschiedene Verfügbarkeiten zu ermitteln. Als wesentliches Erhebungsmerkmal diente dabei die jährlich an der Betriebsstätte umgesetzte Altholzmenge und ihre Verwendung. Durch dieses Vorgehen konnten Doppelzählungen vermieden werden, welche durch Betreiber mehrerer Anlagen auftreten können.

Zusätzlich zur Erfassung der Daten ist eine vollständige Adressdatengrundlage eine wesentliche Voraussetzung für die Durchführung der Vollerhebung. Das Kapitel 3.3 gibt detaillierte Informationen zur Erstellung der Adressdatenbank. Anschliessend wird die Durchführung der Befragung (Kap. 3.4) erläutert. Die Befragung wurde in zwei Teilschritten ausgeführt. Im ersten Schritt wurden alle Firmen schriftlich gebeten den Fragebogen auszufüllen. Danach erfolgte eine telefonische Befragung aller Firmen, die nicht geantwortet hatten. Die Daten wurden erfasst und für die nicht antwortenden Betriebsstätten hochgerechnet (Kap. 3.5). Zunächst war es dazu notwendig die Anzahl hoch zu rechnender *Altholzentsorger* (AE), *Altholztransporteure* (AT) und fälschlich angeschriebene Betriebsstätten (KAEAT) zu kennen. Damit Gemeinsamkeiten zwischen den *Altholzentsorgern/-transporteuren* besser ausgewertet werden konnten, erfolgte anschliessend die Einteilung in Betriebsgrössenklassen. Danach war das Ziel, eine vollständige Datenmatrix zu erstellen, womit die Auswertungen gemacht werden konnten. Dafür mussten Antwortlücken (Kap. 3.5.2.2) und Antwortausfälle (Kap. 3.5.2.3) ermittelt und mit Mengenwerten aufgefüllt werden. Schlussendlich werden die Auswertungsgrössen erläutert (Kap. 3.6).

## 3.3 Erstellen der Adressdatenbank

Die Datengrundlage basiert auf einer eigens durchgeführten Vollerhebung der Altholzentsorgungs- und -transportbetrieben in der Schweiz (Fragebogen im Anhang Kap. 6.4). Die Fragebögen wurden an Firmen versandt, die in der Entsorgung von Altholz tätig sind. Zur gesuchten Grundgesamtheit zählen alle Betriebsstätten, an denen Altholz umgesetzt wird. Das wesentliche Erhebungsmerkmal ist dabei die jährlich an der jeweiligen Betriebsstätte umgesetzte und genutzte Altholzmenge.

Eine vollständige Adressdatengrundlage ist die Voraussetzung für eine Vollerhebung. Ausgangspunkt war deshalb das Erstellen einer Adressdatenbank, die alle zur Grundgesamtheit zählenden Betriebsstätten enthielt. Dementsprechend wurden alle potenziellen Marktteilnehmer ermittelt. Ein erster Schritt dazu war die Identifizierung der zur Verfügung stehenden Adressquellen. Zunächst erfolgte mit dem Informatikprogramm «Vollzug der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen» (VeVA online, BAFU 2014) eine Abfrage nach Firmen, welche Holzabfälle annehmen. Ebenso wurden die Daten von Abfallinfo Schweiz verwendet. Als weitere Quellen wurden die Mitgliederlisten von Verbänden<sup>2</sup> im Bereich Entsorgung und Altholz genutzt. Zudem ergab die Recherche auf Internetseiten von Umwelt- und Entsorgungsfirmen eine Reihe potenzieller Altholzentsorgungs- und Transportbetriebe. Weitere Betriebsstätten konnten zusätzlich mit Hilfe von Suchdiensten im Internet ermittelt werden. Zur Überprüfung der Adressen wurden Behörden nach der Vollständigkeit der Adressen gefragt.

Nach Abschluss der Recherche erfolgte die Adressenüberarbeitung der potentiellen Altholzentsorger. Dazu wurden alle Adressdoppel und alle weiteren Anschriften, die offensichtlich nicht dem Altholzmarkt zuzuordnen waren, entfernt. Anschliessend folgte eine zweite Überarbeitung auf Adressdoppel, sowie ergänzende Recherchen bezüglich der Aktualität der Betriebsnamen und der Anschriften.

<sup>2</sup> Zum Beispiel Holzindustrie Schweiz (HIS) oder der Aushub-, Rückbau und Recycling Verband Schweiz (ARV).

Tab. 1: Adressquellen und Adressüberarbeitung.

Quelle	Anzahl	Anteil (%)
Informatikprogramm für den Vollzug der Verordnung über den Verkehr mit Abfällen (VeVA online)	479	44,2
Abfallinfo Schweiz	440	40,6
Mitgliederlisten von Verbänden	35	3,2
Internet	78	7,2
Behörden	52	4,8
Summe nach Recherche	1084	100,0
Summe nach 1. Überarbeitung	770	71,0
Summe nach Schlussüberarbeitung	567	52,3

### 3.4 Durchführung der Befragung

Mitte März 2015 wurden die 567 recherchierten Adressen angeschrieben mit der Bitte um Daten von 2014. Mitte April erfolgte ein Erinnerungsschreiben an die Betriebsstätten, welche noch nicht geantwortet hatten. Im Anschluss an die schriftliche Befragung fand bei denjenigen ohne Antwort eine telefonische Befragung statt. Dazu wurde zuerst eine qualifizierende Frage zur Identifikation potenzieller Altholzentsorger gestellt. Handelte es sich um einen Altholzentsorger, erfolgte anschliessend eine Detailbefragung mit dem Ziel, den Fragebogen telefonisch zu beantworten und alle noch offenen Betriebsstätten zu kategorisieren. Der Aufbau des Fragebogens sowie der Fragebogen können dem Anhang Kapitel 6.4 (Abb. 14 und Tab. 22) entnommen werden.

Nachfolgend wird der Ablauf der Befragung aufgezeigt.

1. Schriftliche Befragung
2. Telefonische Befragung
  - a. Qualifizierende Frage (einfache Umfrage, «Haben Sie 2014 Altholz entgegen genommen oder weiter vertrieben?»)
    - b. Detailumfrage

Um sicher zu stellen, welche Betriebsstätten bereits geantwortet hatten, war es während der Umfrage wichtig, ständig eine exakte Rücklaufübersicht der gesamten Befragung mit eindeutiger Adressidentifizierung zu führen (vgl. Tab. 2 und 3).

#### 3.4.1 Schriftliche Befragung

In der schriftlichen Befragung konnten 282 Adressen identifiziert werden. Dies entspricht einer Rücklaufquote von fast 50 Prozent. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die schriftlich antwortenden Betriebsstätten.

Tab. 2: Rücklaufübersicht der schriftlichen Befragung.

Rücklaufkategorie	Schriftliche Befragung	
	Betriebsstätten	
	N	%
Altholzentsorger mit Daten	49	17,4
Ausschl. Transport von Altholz mit Daten	166	58,9
Keine Altholzentsorgung	41	14,5
Betrieb stillgelegt	4	1,4
Adressdoppel	0	0
Nicht zustellbar/erreicht/erreichbar	15	5,3
Sonstiges	7	2,5
Rücklauf	282	100,0

Von den schriftlich erfassten Betrieben waren gut 75 Prozent (58,9 % + 17,4 %, Tab. 2) in der Entsorgung oder als Transporteur von Altholz tätig. Davon gaben 166 an, Altholz ausschliesslich zu transportieren. 14,5 Prozent gaben an, dass sie sich nicht mit der Entsorgung, Sammlung, Aufbereitung oder Transport von Altholz beschäftigen. Ausserdem konnten vier stillgelegte Betriebsstätten ausfindig gemacht werden. Die Adressdoppel wurden bereits im Voraus entfernt. Im Verlauf der Umfrage konnten keine weiteren Adressen der Rubrik «Adressdoppel» identifiziert werden (Tab. 1). Sieben Betriebsstätten vermerkten sonstige Gründe, weshalb sie den Fragebogen nicht ausgefüllt hatten oder sie machten widersprüchliche Angaben. Nach Abschluss der schriftlichen Befragung lagen noch 285<sup>3</sup> «ungeklärte Antworten der Adressaten» vor.

### 3.4.2 Telefonische Befragung

Die telefonische Befragung erfolgte in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wurden potenzielle Altholzentsorger (mit einer einfachen qualifizierenden Frage, «Haben Sie 2014 Altholz entgegen genommen oder weiter vertrieben?») identifiziert. Auf diese Weise konnten 13 Betriebsstätten als nicht zur Grundgesamtheit gehörend ermittelt werden, da sie angaben, nicht in der Altholzbranche tätig zu sein. Zudem waren 23 nicht erreichbar, 84 konnten auch nach zahlreichen Anrufversuchen keine Auskunft geben oder eine Antwort war gar nicht möglich (z. B. wegen Brand im Betrieb) oder weil Daten für 2014 teilweise gar noch nicht vorlagen. Ebenfalls in diese Kategorie fielen zehn Betriebe aus der italienischsprachigen Schweiz. Sie bekamen zwar ein Fragebogen und ein Erinnerungsschreiben mit Fragebogen in ihrer Sprache zugesandt, fanden aber in der telefonischen Umfrage keine Berücksichtigung, da in der kurzen Zeit kein italienisch sprechender Interviewer gefunden werden konnte. 85 der angerufenen Betriebsstätten wurden zwar telefonisch erreicht, sie wollten jedoch keinerlei Angaben machen und standen für eine weitere detaillierte Befragung nicht zur Verfügung.

Für eine Detailbefragung (Schritt 2) blieben demzufolge 164 Betriebsstätten übrig, bei denen versucht wurde, einen Mitarbeiter zu erreichen, der die relevanten Fragen beantworten konnte. Im Rahmen der Detailbefragung konnten 19 *Altholzentsorger* und 61 *Ausschliessliche Altholztransporteure* ermittelt und befragt werden.

<sup>3</sup> Differenz zwischen allen angeschriebenen Betriebsstätten (567) und den schriftlich antwortenden (Tab. 2, Zeile «Rücklauf»). Berechnungsgang: 567-282= 285 (Tab. 3, Spalte 2)

Tab. 3: Rücklaufstatistik der gesamten Befragung.

Spalte	Schriftliche Befragung	Telefonische Befragung		Rücklauf Gesamt	
	1	2	3	4	5
Rücklaufkategorie	Rücklauf	Einfache Umfrage	Detailbefragung		
	N	N	N	N	%
Potenzielle Zielgruppe	567	285	164	567	
Altholzentsorger	49		19	68	12,0%
Ausschl. Transport von Altholz	166		61	227	40,0%
Keine Altholzentsorgung	41	13		54	9,5%
Betrieb stillgelegt	4			4	0,7%
Adressdoppel	0			0	0,0%
Nicht zustellbar/erreicht/erreichbar	15	23		38	6,7%
Sonstiges	7			7	1,2%
Intresse			84	84	14,8%
keine Angaben		85		85	15,0%
Rücklauf	282	121	164	567	100,0%
Übertrag nächster Befragungsschritt	285	164	0		

### 3.5 Erfasste Daten und Hochrechnung

Nach Tabelle 3 konnten – bis auf wenige Betriebstätten – für den überwiegenden Teil der Adressen Informationen ermittelt werden. Ziel war jedoch die Bestimmung einer vollständigen Datenmatrix. Es stellte sich die Frage, wie trotz vorliegender *Antwortlücken* und *Antwortausfällen*<sup>4</sup> eine konsistente Bestimmung der Grundgesamtheit vorgenommen werden kann?

Grundsätzlich können für die Behandlung von einzelnen fehlenden Antworten (Antwortlücken) und ganzen Betriebsstätten ohne Antworten (Antwortausfällen) Imputationsverfahren angewendet werden (SCHNELL *et al.* 2005). Bei solchen Verfahren werden für die fehlenden Antworten Ersatzwerte hergeleitet. Dabei kann die Schätzgenauigkeit durch die Bildung homogener Teilgruppen (z. B. Betriebsklassengrösse) erheblich erhöht werden (MANTAU *et al.* 2012).

Es wurde zunächst die Grundgesamtheit der *Altholzentsorger* und *Ausschliesslichen Altholztransporteure* geschätzt (Kap. 3.5.1). Sämtlichen Betriebsstätten konnte eine Adresse zugeordnet und damit ihre räumliche Lage bestimmt werden. Anschliessend wurden Betriebsstätten, welche einzelne Fragen nicht beantwortet oder keinen Fragebogen ausgefüllt hatten, Mengewerte zugewiesen (gemäss Kap. 3.5.2).

Die Hochrechnung wurde in zwei Schritten durchgeführt:

1. Ermittlung der Grundgesamtheit der *Altholzentsorger* (AE), der *Ausschliesslichen Altholztransporteure* (AT) und der Gruppe *Keine Altholzentsorger/Transporteure* (KAEAT) (Kap. 3.5.1)
  - a. Gesamtschweizerisch
  - b. Kantonal
2. Ermittlung des Altholzaufkommens (Kap. 3.5.2)
  - a. Bildung homogener Teilgruppen
  - b. Antwortlücken (einzelne fehlende Werte)
  - c. Antwortausfälle (Betriebsstätten ohne Antwort)

<sup>4</sup> Die Begriffe Antwortlücken und Antwortausfälle werden in Kapitel 2 erläutert.

Tab. 4: Darstellung der Hochrechnung der Betriebsstätten für die ganze Schweiz. Grau hinterlegt sind keine Altholzentsorger/-transporteure und fälschlich angeschriebene Betriebsstätten (KAEMAT).

Rücklaufübersicht	Schriftliche Befragung	Telefonische Befragung (TelB)	Hochrechnung und TeilB	Hochrechnung	Gesamt	
Spalte	1 N	2 N einfache Umfrage	3 N Detailumfrage	4 N tel. identifizierte Adressen	5 N Restrechnung	6 N Gesamt
Potenzielle Zielgruppe	<u>567</u>	285	164	234		
Altholzentsorger (AE)	<u>49</u>		<u>19</u>	56	<u>37</u>	105
Ausschliessliche Altholztransporteure (AT)	<u>166</u>		<u>61</u>	178	<u>117</u>	344
Keine Altholzentsorger/-transporteure (KAEMAT) stillgelegt	<u>41</u>	<u>13</u>			<u>5</u>	59
Adressdoppel (nach Tab. 1 bereits viele entfernt)	<u>4</u>				-	4
Nicht zustellbar / nicht erreichbar	<u>0</u>				-	0
Sonstiges Interesse	<u>15</u>	<u>23</u>			<u>10</u>	48
Wollen keine Angaben machen	<u>7</u>		84			7
Noch offen	285	85	84			0
<b>Zusammenfassung</b>						
Altholzentsorger (AE)	<u>49</u>		<u>19</u>		<u>37</u>	105
Ausschliessliche Altholztransporteure (AT)	<u>166</u>		<u>61</u>		<u>117</u>	344
Keine Altholzentsorger/-transporteure (KAEMAT)	<u>67</u>	<u>36</u>	<u>0</u>		<u>15</u>	118
Summe, identifiziert	282	36	80	234	169	567
					100,0%	

Die kantonale Grundgesamtheit baut auf der gesamtschweizerischen auf. Mit der kantonalen Grundgesamtheit aus Schritt eins wird das Altholzaufkommen ermittelt. Das hier allgemein beschriebene Vorgehen wird im Anhang (Kap. 6.1) am Beispiel des Kantons Aargau detailliert erläutert. Ausserdem werden Hinweise zum genauen Vorgehen in anderen Kantonen dargelegt. Im Text finden sich an besonders relevanten Stellen Erklärungen beziehungsweise Verweise (meist in Fussnoten) auf die entsprechenden Kapitel. Die Kapitelstruktur entspricht der Struktur dieses Kapitels.

### 3.5.1 Ermittlung von Altholzentsorgern, Ausschliesslichen Altholztransporteuren, Keinen Altholzentsorgern/-transporteuren

Nachfolgend wird die Grundgesamtheit der *Altholzentsorger* (AE) und der *Ausschliesslichen Altholztransporteure* (AT) geschätzt. Zuerst ermittelte man gesamtschweizerisch die Grundgesamtheit nach Kategorien. Das heisst nach *Altholzentsorger*, *ausschliesslichen Altholztransporteuren* und *Keine Altholzentsorger/-transporteure* (KAEAT; Tab. 4). Um auch kantonale Aussagen machen zu können, wurden die *Altholzentsorger* und *Ausschliesslichen Altholztransporteure* ohne Angaben aufgrund einer Namensprüfung und Internetrecherche sowie der gesamtschweizerischen und kantonalen eindeutigen Antworten den Kantonen zugeteilt (Kap. 3.5.1.2).<sup>5</sup>

#### 3.5.1.1 Ermittlung gesamtschweizerisch

Wie am Anfang von Kapitel 3 erläutert, ist die Befragung in drei Erhebungsschritte gegliedert: die schriftliche Befragung<sup>6</sup>, die einfache telefonische Umfrage<sup>7</sup>, und die telefonische Detailbefragung<sup>8</sup>. Bei den schriftlichen Antworten lagen keine Antwortausfälle vor. Deswegen bezieht sich das gesamtschweizerische Schätzverfahren zur Ermittlung der Grundgesamtheit jeder Kategorie<sup>9</sup> nur auf die telefonischen Befragungen.

In Tabelle 4 (Spalten 1–3) sind die zusammengefassten Ergebnisse der Gesamtbefragung aus Tabelle 3 dargestellt. Die folgenden Spalten zeigen das Vorgehen zur Schätzung der Grundgesamtheit, angelehnt an MANTAU *et al.* (2012). Nicht zur Grundgesamtheit gehörende Betriebe der Hochrechnung sind in der Position *Keine Altholzentsorger/Transporteure* (KAEAT) zusammengefasst (Tab. 4, grau hinterlegte Felder). Die unterstrichenen Felder gehen in die Zeilensumme «Gesamt» (Spalte 7) ein. Sie dokumentiert die Einordnung aller Betriebsstätten zu den Rücklaufkategorien. Im unteren Teil der Tabelle 4 (Zusammenfassung) ist die zusammenfassende Zuordnung *Altholzentsorger – Ausschliesslich Altholztransporteure* und *Keine Altholzentsorger/Transporteure* sowie die Gesamtsumme von jedem Arbeits- und Hochrechnungsschritt dokumentiert.

Mit der schriftlichen Befragung<sup>6</sup> konnten 282<sup>10</sup> Adressen eindeutig zugeordnet werden. Der noch offene Bestand von 285<sup>3</sup> Adressen wurde anschliessend telefonisch abgeklärt. Bei der einfachen telefonischen Qualifizierung<sup>7</sup> konnten 36<sup>11</sup> Betriebsstätten als nicht zur Zielgruppe gehörend identifiziert werden. Weitere 85<sup>12</sup> wollten keinerlei Angaben machen. Nach Abzug

<sup>5</sup> Für den Kanton Aargau zeigt 6.1.2 die detaillierte Ermittlung der Grundgesamtheit.

<sup>6</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 1.

<sup>7</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 2.

<sup>8</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 3.

<sup>9</sup> Darunter werden *Altholzentsorger* (AE), *Ausschliessliche Altholztransporteure* (AT) und keine *Altholzentsorger/-Transporteure* (KAEAT) verstanden.

<sup>10</sup> Tabelle 4, Spalte 1, Berechnungsgang:  $7+15+4+41+166+49= 282$

<sup>11</sup> Tabelle 4, Spalte 2, Summe KAEAT. Berechnungsgang:  $23+13=36$ .

<sup>12</sup> Tabelle 4, Spalte 2, Zeile «Wollen keine Angaben machen» (85).

dieser 121<sup>13</sup> Betriebsstätten blieben für die Detailbefragung noch 164<sup>14</sup> Betriebsstätten übrig. In der telefonischen Detailbefragung<sup>8</sup> konnten von diesen 164 Betriebsstätten 19 *Altholzentsorger* und 61 *Ausschliessliche Altholztransporteure* identifiziert und befragt werden. Weitere 84<sup>15</sup> Betriebsstätten signalisierten zwar Interesse an der Umfrage, gaben jedoch während des Erhebungszeitraums trotz mehrmaliger Anrufe und einem zusätzlichen Versand des Fragebogens per E-Mail keinerlei Auskünfte.

Das Schätzergebnis der einfachen Umfrage bildete die Grundlage für die Hochrechnung der Detailbefragung (Tab. 4). Dies bedeutete, dass 85<sup>7</sup> Betriebsstätten, welche nach der einfachen telefonischen Umfrage keine Angaben machen wollten und dementsprechend noch offen waren, aufgrund der antwortenden Betriebsstätten der einfachen Umfrage, unter Auslassung<sup>16</sup> der 85<sup>7</sup> Antwortausfälle, auf die 285 Adressen der telefonischen Befragung übertragen wurden. Das heisst, von den 85<sup>7</sup> noch offenen Betriebsstätten wurden fünf<sup>17</sup> als *Keine Altholzentsorger/-transporteure* (KAEAT) und zehn<sup>18</sup> als nicht zustellbar/nicht erreichbar eingeteilt. Die verbleibenden 70<sup>19</sup> gehen als *Altholzentsorger* (AE), respektive *Ausschliessliche Altholztransporteure* (AT) in die weitere Hochrechnung der Grundgesamtheit ein<sup>20</sup>. Zusammen mit den 164<sup>14</sup> identifizierten Betriebsstätten der Detailbefragung ergibt sich daraus ein Schätzwert für die hochgerechnete potenzielle Zielgruppe von 234<sup>21</sup> Betriebsstätten für die Detailbefragung.

Auf die geschätzte potenzielle Zielgruppe von 234<sup>21</sup> Betriebsstätten wurde anschliessend die Verteilung der *Altholzentsorger* (AE) und *Ausschliessliche Altholztransporteure* (AT)<sup>22</sup> der 80<sup>23</sup> antwortenden Betriebsstätten der telefonischen Detailbefragung übertragen. Dadurch ergibt sich in der Hochrechnung eine Gesamtanzahl von 56<sup>22</sup> *Altholzentsorgern* und 178<sup>22</sup> *Ausschliesslichen Altholztransporteuren*. In den 234<sup>21</sup> potenziellen Betriebsstätten für die Detailbefragung sind auch die 19<sup>22</sup> *Altholzentsorger* und 61<sup>22</sup> *Altholztransporteure* enthalten, welche in der detaillierten Befragung bereits identifiziert und befragt wurden. Von den insgesamt 169<sup>24</sup> Adressen ohne Angaben sind somit 37<sup>25</sup> *Altholzentsorger* und 117<sup>26</sup> *Ausschliessliche Altholztransporteure*. Die restlichen 15 (5<sup>17</sup>+10<sup>18</sup>) wurden – wie im vorherigen Abschnitt beschrieben – der Kategorie<sup>9</sup>

<sup>13</sup> Es handelt sich um in der einfachen telefonischen Umfrage zugeordnete Betriebsstätten. Berechnungsgang:  $36^{11}+85^{12}=121$ .

<sup>14</sup> Teilnehmer der Detailbefragung ohne hochzurechnende Betriebsstätten. Berechnungsgang:  $285^3-36^{11}-85^{12}$  oder  $84^{15}+19+61=164$ . Die 19 beziehen sich auf die AE der Detailbefragung, die 61 auf die AT. Beide sind in Tabelle 4, Spalte 3 abgebildet.

<sup>15</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 3, Zeile «Interesse» (84).

<sup>16</sup> Berechnungsgang:  $285^3-85^{12}=200$

<sup>17</sup> Berechnungsgang:  $(\frac{13}{285-85}) * 85 = 5$ . Die 13 werden in Tabelle 4, Spalte 2 dargestellt und die 200 (285-85) in Fussnote 16 erklärt.

<sup>18</sup> Berechnungsgang:  $(\frac{23}{285-85}) * 85 = 10$ . Die 23 werden in Tabelle 4, Spalte 2 dargestellt und die 200 (285-85) in Fussnote 16 erklärt.

<sup>19</sup> Berechnungsgang:  $85^{12}-5^{17}-10^{18}$  oder  $(\frac{164}{285-85}) * 85 = 70$ .

<sup>20</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalten 5-7.

<sup>21</sup> Grundgesamtheit aus der telefonischen Befragung und den hochzurechnenden (geschätzten) Betriebsstätten. Also ohne die eindeutigen Resultate aus der schriftlichen Befragung. Berechnungsgang:  $164^{14}+70^{19}=234$ .

<sup>22</sup> Es ist die Verteilung der «*Altholzentsorger*» (AE) zu den Betriebsstätten mit «*ausschliesslich Transport*» (AT) gemeint. Die Ausgangsdaten (19 und 61) sind in Tabelle 4, Spalte 3 und ihr Verhältnis in Spalte 4 dargestellt. Spalte 5 enthält die Ergebnisse. Berechnungsgang AE:  $(\frac{19}{19+61}) * 234 = 56$  oder etwa 23,8% von 234<sup>21</sup>. Berechnungsgang AT:  $(\frac{61}{19+61}) * 234 = 178$  oder etwa 76,2% von 234.

<sup>23</sup> Eindeutige Antworten der Detailbefragung. Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 3 oder prozentual in Spalte 4. Berechnungsgang:  $19+61=80$ .

<sup>24</sup> Gesamtschweizerisch hochzurechnende Betriebsstätten. Berechnungsgang:  $84^{15}+85^{12}$  oder  $37^{25}+117^{26}+5^{17}+10^{18}=169$ .

<sup>25</sup> Gesamtschweizerisch hochzurechnende AE. Berechnungsgang:  $56^{22}-19^{22}=37$ .

<sup>26</sup> Gesamtschweizerisch hochzurechnende AT. Berechnungsgang:  $178^{22}-61^{22}=117$ .

*Keine Altholzentsorger/-transporteure* (KAEMAT) zugeordnet. Insgesamt errechnete sich damit schweizweit eine gesuchte Grundgesamtheit<sup>27</sup> von **105**<sup>28</sup> *Altholzentsorgern* (AE) und **344**<sup>29</sup> *Ausschliesslichen Altholztransporteuren* (AT).

### 3.5.1.2 Ermittlung der Grundgesamtheit in den Kantonen

In Kapitel 3.5.1.1 (vgl. Übersicht in Tab. 4) wurde die gesamtschweizerische Aufteilung der 169<sup>24</sup> Betriebsstätten ohne Angaben in Kategorien<sup>9</sup> ermittelt. Aufgrund der Adressdatenbank konnte jede der 169<sup>24</sup> Betriebsstätten zugeordnet werden. Es stellt sich jedoch die Frage nach der Zuteilung der Kategorien<sup>9</sup> innerhalb der Kantone. Diese Information ist für die spätere kantonsweise Berechnung der Altholzmengen (Kap. 3.5.2<sup>30</sup>) sehr wichtig. Deswegen erfolgte eine Zuweisung der Kategorien<sup>9</sup> in zwei Schritten.

1. Namensprüfung und Internetrecherche
2. Verteilung aufgrund der eindeutigen Antworten aus der Befragung

Die beiden Schritte bauen aufeinander auf. Zunächst wurden aufgrund der Namensprüfung und Internetrecherchen eindeutige Altholzentsorger auch als solche zugeordnet. Dabei handelte es sich vornehmlich um Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). In einem zweiten Schritt wurde allen hochzurechnenden Betriebsstätten die gleiche Verteilung der Kategorien<sup>9</sup> unterstellt, wie sie sich aus den *eindeutigen Antworten*<sup>31</sup> für die einzelnen Kantone ergab. Standen aufgrund der Namensprüfung in einem Kanton bereits die notwendigen oder sogar mehr (also «zusätzliche») *Altholzentsorger* fest, wurden keine weiteren mehr zugeteilt. Da die Grundgesamtheit der *Altholzentsorger* und *Ausschliesslichen Altholztransporteure* nicht veränderbar ist, gingen (aufgrund der Namensprüfung) ermittelte «zusätzliche» *Altholzentsorger* den *Altholztransporteuren* ab. Es wurde jener *Altholztransporteur* entfernt, welcher nach oben und unten am wenigsten ins Gewicht fiel.<sup>32</sup>

Schlussendlich ergaben sich, aufsummiert über alle Kantone, **38**<sup>33</sup> *Altholzentsorger* und **116**<sup>34</sup> *Altholztransporteure*. Diese hochzurechnenden Betriebsstätten wurden nach Kapitel 3.5.2.1<sup>35</sup> homogenen Teilgruppen (Betriebsgrössenklassen) zugeordnet.

## 3.5.2 Ermittlung des Altholzaufkommens

Für die Ermittlung des Altholzaufkommens wurde angenommen, dass sich die Anzahl einzelner Befragungsschritte der *Altholzentsorger* und der *Ausschliesslichen Altholztransporteure* deutlich unterscheiden. Deswegen wurde das nachfolgend beschriebene Imputationsverfahren zur Ermittlung des Altholzaufkommens für die beiden Gruppen separat durchgeführt. Es waren jeweils drei Schritte notwendig: zuerst Bildung homogener Teilgruppen (Kap. 3.5.2.1<sup>35</sup>); darauf aufbauend Auffüllen der Antwortlücken (Kap. 3.5.2.2<sup>36</sup>; sie lagen bei Nichtbeantwortung oder

<sup>27</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 7.

<sup>28</sup> Berechnungsgang:  $49 + 19^{22} + 37^{25} = 105$ . Die 49 können der Tabelle 4, Spalte 1 entnommen werden.

<sup>29</sup> Berechnungsgang:  $166 + 61^{22} + 117^{26} = 344$ . Die 166 können der Tabelle 4, Spalte 1 entnommen werden.

<sup>30</sup> Zum Beispiel Aargau, vergleiche Kapitel 6.1.3.2.

<sup>31</sup> Vergleiche Begriffserklärung Kapitel 2.

<sup>32</sup> Zum Beispiel Aargau, vergleiche Kapitel 6.1.2.

<sup>33</sup> Plus einer im Vergleich zur gesamtschweizerisch geschätzten Restrechnung, welche in Tabelle 4, Spalte 6 (37) dargestellt ist. Der zusätzliche AE resultiert aus der Namensprüfung und Internetrecherche.

<sup>34</sup> Minus einer im Vergleich zur gesamtschweizerisch geschätzten Restrechnung, welche in Tabelle 4, Spalte 6 (116) dargestellt ist.

<sup>35</sup> Vergleiche auch Beispiel Aargau Kapitel 6.1.3.1.

<sup>36</sup> Vergleiche auch Beispiel Aargau Kapitel 6.1.3.2.

fehlerhafter Beantwortung einzelner Fragen vor.); schlussendlich wurden, ebenfalls aufgrund der homogenen Teilgruppen, Antwortausfälle, also Betriebsstätten ohne Angaben, behandelt (Kap. 3.5.2.3<sup>36</sup>). Eine Ausnahme bildeten die Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA). Ihnen konnte die zusätzliche Information zum Anlagentyp zugeordnet werden. Deswegen wurde ihr Altholzaufkommen separat nach Kapitel 3.5.2.4 berechnet.

### 3.5.2.1 Bildung homogener Teilgruppen (Betriebsgrössenklassen)

Um die Genauigkeit von Imputationsverfahren zu optimieren, eignet sich die Bildung homogener Teilgruppen (MANTAU *et al.*, 2012). Voraussetzung für die Vorgehensweise war ein Merkmal, von dem die übrigen Merkmale sehr stark und möglichst konsistent abhängen. Diese Eigenschaft wurde im vorliegenden Fall von der erfassten Altholzmenge angenommen. Mit den Angaben der antwortenden Betriebsstätten konnten Betriebsgrössenklassen ermittelt und auf die Betriebsstätten ohne Angaben übertragen werden. Die Betriebsstätten ohne Angaben wurden aufgrund der Verteilung, wie sie sich aus den eindeutigen Antworten in jedem Kanton<sup>37</sup> ergab, zugewiesen.<sup>35</sup>

Folgende Gruppen wurden gebildet:

Tab. 5: Gebildete homogene Teilgruppen (Betriebsgrössenklassen).

Betriebsgrössenklassen (in t Altholz)
Kein Altholz
1–499
500–999
1 000–2 499
2 500–4 999
5 000–9 999
10 000–19 999
über 20 000

### 3.5.2.2 Antwortlücken (Nicht Beantwortung einzelner Fragen)

Für einzelne nicht beantwortete Fragen wurde die gleiche Altholzmenge unterstellt, wie sie sich aus den Mittelwerten der eindeutigen Antworten innerhalb der homogenen Teilgruppen (Kap. 3.5.2.1.) ergab. War innerhalb einer Gruppe (Kanton<sup>37</sup> und Betriebsgrössenklasse) keine Antwort vorhanden, wurde der Mittelwert über den jeweiligen Kanton<sup>37</sup> eingesetzt.<sup>36</sup>

### 3.5.2.3 Antwortausfälle

Für Betriebsstätten, welche keine Angaben gemacht hatten, wurden die gleichen Altholzmenge unterstellt, wie sie sich aus den Mittelwerten der eindeutigen Antworten im jeweiligen Kanton<sup>37</sup> und innerhalb der homogenen Teilgruppen (Kap. 3.5.2.1) ergaben. Dabei wollten die Betriebsstätten entweder explizit keine Angaben machen<sup>38</sup> oder zeigten zwar Interesse<sup>39</sup>, konnten jedoch nicht mehr innerhalb der vorgegebenen Frist antworten.

<sup>37</sup> Für die Berechnung von KVA wurden Werte über die ganze Schweiz verwendet. Vergleiche dazu auch Kapitel 3.5.2.4.

<sup>38</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 2, 85.

<sup>39</sup> Dargestellt in Tabelle 4, Spalte 3, 84.

### 3.5.2.4 Behandlung der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

Aufgrund der Namensprüfung und Internetrecherche konnten alle 29 KVA der Schweiz identifiziert werden. Die eindeutigen Antworten zeigten, dass sie den Altholzentsorgern zugeordnet werden konnten. Die KVA nutzten ihre Altholzmengen mehrheitlich innerbetrieblich. Nur eine von 11 antwortenden KVA gab an, einen Teil ihres Altholzes weiter zu vertreiben. Das Altholzaufkommen und die beantworteten Fragen der gesamtschweizerisch antwortenden KVA variierten deutlich weniger, als bei anderen Altholzentsorgern. Deswegen wurde das Altholzaufkommen der KVA aufgrund der eindeutigen Antworten aller schweizerischen KVA ermittelt.

Demnach wurden KVA als eigene homogene Gruppe betrachtet und gesamtschweizerisch in die jeweiligen Betriebsgrössenklassen nach Kapitel 3.5.2.1 eingeteilt. Für Betriebsstätten, welche eine Antwortlücke (Kap. 3.5.2.2) aufwiesen oder keine Angaben gemacht hatten (Antwortausfälle, Kap. 3.5.2.3) wurden die gleichen Altholzmengen unterstellt, wie sie sich aus den Mittelwerten der gesamtschweizerisch eindeutigen antwortenden der KVA innerhalb jeder Betriebsgrössenklasse ergaben.

Damit Aussagen auf kantonaler Ebene gemacht werden konnten, wurde (mit einem Zufalls-generator) jeder Anlage zugeordnet, in welche Betriebsgrössenklasse sie fällt. Diese Zuordnung wird in Kapitel 6.1.3.1 beschrieben.

## 3.6 Erläuterungen der Auswertungsgrössen

Es wurden verschiedene Verfügbarkeiten der energetischen Nutzung, das theoretische (Marktvolumen), nachhaltige, bereits genutzte und das zusätzlich nutzbare Potenzial sowie das Handelsvolumen und die von den Betriebsstätten weiter vertriebenen Mengen (Weitertransport) bestimmt. Bei den Potenzialen schliesst jede Ebene neue Restriktionen mit ein.

Das **Handelsvolumen (HV)** (Formel 1) entspricht der Menge, welche in den Betriebsstätten 2014 erfasst wurde. Die Menge enthält auch den Intrahandel, also diejenigen Mengen, die innerhalb der Branche gehandelt wurden und damit mehrfach gezählt werden. Das **theoretische Potenzial (TP)** entspricht dem **Marktvolumen (MV)** (Formeln 2.1 und 2.2 s.u.). Das Marktvolumen gibt die im Markt maximal verfügbare Menge wieder. Es enthält die innerbetrieblich verwendeten Mengen sowie die Mengen, welche im Ausland an Endverwerter vertrieben werden. Das Marktvolumen enthält also keinen Intrahandel und damit bereits keine Mengen mehr, welche innerhalb der Betriebsstätten gehandelt und deswegen mehrfach gezählt werden.

Formel 1:  $HV = \text{Summe } eAHM \text{ 2014}$

Formel 2.1 und 2.2  $MV \text{ oder } TP = ibN + MEI = HV - (VaAEAT + MEI)$

HV	Handelsvolumen
eAHM	Erfasste Altholzmengen
ibN	Innerbetriebliche Nutzung
MEI	Menge an Endverwerter im Ausland
MV	Marktvolumen
TP	Theoretisches Potenzial an Altholz für die energetische Nutzung
VaAEAT	Vertrieb an andere Altholzentsorger oder Altholztransporteure

Das **nachhaltige Potenzial (NP)** (Formel 3 s.u.) berücksichtigt die kaskadische und damit auch die stoffliche Nutzungsart des Altholzes sowie die sachgerechte Entsorgung von belastetem Altholz im In- und Ausland. Deswegen wurde vom **Marktvolumen (MV, TP)** die Herstellung von Spanplatten sowie die Beseitigung von belastetem Altholz abgezogen. Nicht abgezogen dagegen wurde Altholz, welches man einer anderweitigen Nutzung zuführte. Denn häufig konnten die Betriebsstätten nicht angeben, für welche Zwecke dieses Material verwendet wurde. Nach MANTAU *et al.* (2012) kann vermutet werden, dass dieses Material bis anhin kompostiert wurde.

Ob eine Kompostierung des Materials oder eine energetische Nutzung nachhaltiger ist, kann hier nicht abschliessend beurteilt werden. Jedoch handelt es sich um eine sehr kleine Altholzmenge. Ebenso sind die angegebenen Importmengen sehr gering und werden deswegen in der Formel nicht berücksichtigt. Übrig bleibt die bereits energetisch genutzte Menge Altholz im Inland und die aus der Schweiz exportierte Altholzmenge, welche im Ausland energetisch genutzt wird.

Formel 3  $NP = MV - HS - BbA$

BbA	Beseitigung von belastetem Altholz (im In- und Ausland)
MV	Marktvolumen, maximal verfügbare Menge oder theoretisches Potenzial (TP)
NP	Nachhaltiges Potenzial
HS	Herstellung von Spanplatten (im In- und Ausland)

Das **bereits genutzte Potenzial (BG)** (Formel 4 s.u.) entspricht der zur Energieerzeugung inländisch im Jahr 2014 verwendeten Menge Altholz.

Formel 4  $BG = \text{zur Energieerzeugung inländisch im Jahr 2014 verwendete Menge Altholz}$

BG	Bereits genutztes Potenzial
----	-----------------------------

Das **zusätzlich nutzbare Potenzial (ZP)** (Formel 5 s.u.) entspricht der Differenz zwischen dem nachhaltigen und dem bereits genutzten Altholz. Das Potenzial besteht aus Altholz, welches heute hauptsächlich im Ausland für die Energieerzeugung eingesetzt wird.

Formel 5  $ZP = NP - BG$

BG	Bereits genutztes Potenzial
NP	Nachhaltiges Potenzial
ZP	Zusätzlich nutzbares Potenzial

Der **Weitertransport (WT)** (Formel 6 s.u.) entspricht der von den Betriebsstätten weiter vertriebenen Menge Altholz. Diese Menge entspricht auch jener Menge, welche nicht innerbetrieblich genutzt, sondern an andere Altholzensorger, -sammler, -aufbereiter oder -transporteure weiter vertrieben wird.

Formel 6  $WT = A$

A	Von den Betriebsstätten an andere Altholzensorger oder -transporteure weiter vertriebene Altholz-mengen
WT	Weitertransport

## 4 Resultate

In Kapitel 4.1 wird zunächst eine Übersicht zu den verfügbaren Altholzmengen aus der Befragung und der Hochrechnung gegeben. Anschliessend werden die verschiedenen Potenziale untersucht und einander gegenüber gestellt (Kap. 4.2). Danach folgt die Darstellung und Analyse von Vertrieb und Verwertung. Sie waren für die Ermittlung der Verfügbarkeiten, des Handelsvolumens und des Weitertransports<sup>40</sup> wichtig. Beispielsweise erfolgt die Darstellung der innerbetrieblichen Nutzung, nach Betriebsgrössenklassen und Verwertung (Kap. 4.3). Der Vertrieb des Altholzes wird in Kapitel 4.4 nach Betriebsgrössenklassen differenziert. In Kapitel 4.5 erfolgt die Analyse des gesamtschweizerischen Vertriebs an Endnutzer, aufgeteilt nach energetischer Nutzung, Herstellung von Spanplatten, Beseitigung und Anderes (z.B. Kompostierung) im In- und Ausland. Kapitel 4.6 zeigt die Herkunft des Altholzes (inkl. Import). Abbildung 12 und 13 in Kapitel 6.3 im Anhang verdeutlichen zudem die 2014 in den Betriebsstätten erfassten, beziehungsweise innerbetrieblich genutzten Mengen mit ihrer räumlichen Verteilung auf Gemeindeebene. Die Abbildungen zeigen, wo und wie viel Altholz 2014 gehandelt, beziehungsweise genutzt wurde (inklusive hochgerechnete Mengen). Interessant ist, dass viele kleine und mittlere Betriebsstätten mit Altholz handeln, während nur einige Grosse das Altholz – meist zur Energieerzeugung – nutzen.

In der vorliegenden Studie beziehen sich **alle Gewichtsangaben, Altholztonnen (t) auf das Gewicht bei der Erfassung**. Für weitere Berechnungen (z.B. Energieinhalt) wird von **lufttrockenem** Altholz ausgegangen.

### 4.1 Überblick – erfasste Daten und Hochrechnung

#### 4.1.1 Schweiz

In Tabelle 6 sind die Ergebnisse der eindeutigen Antworten aus der Befragung (Kap. 3.4) und der Hochrechnung (Kap. 3.5) im Überblick dargestellt. Es wird unterschieden zwischen den Untersuchungsschritten (schriftlich, telefonisch und zugeschätzte Menge) und den drei Kategorien, *Altholzentsorger* (AE), *Ausschliesslicher Altholztransporteur* (AT) und *Kein Altholzentsorger/Altholztransporteur* (KAEAT). Die Zeile Gesamtvolumen Schweiz zeigt die auf die Zielgruppe hochgerechneten Mengen.

Die von der Grundgesamtheit (N=567<sup>41</sup>) erfasste Altholzmenge wurde auf 1,484<sup>42</sup> Mio. Tonnen geschätzt. Davon konnten in der schriftlichen und telefonischen Befragung bei 295<sup>43</sup> Betrieben, unabhängig ob *Altholzentsorger* oder *Altholztransporteur*, 1,018<sup>44</sup> Mio. Tonnen Altholz tatsächlich erfasst werden. Das Handelsvolumen (1,018<sup>44</sup> oder hochgerechnet 1,484<sup>42</sup> Mio. Tonnen) entspricht jedoch nicht der verfügbaren Menge. Denn sie enthielt auch Altholz, welches gehandelt und deswegen mehrmals erfasst wurde. Gesamthaft kann von einer verfügbaren Altholzmenge (Marktvolumen oder theoretisches Potenzial, TP) von 0,998<sup>45</sup> Mio. Tonnen ausge-

<sup>40</sup> Zu Berechnungsgängen der einzelnen Verfügbarkeiten, des Handelsvolumens und des Weitertransports vergleiche auch Kapitel 3.6.

<sup>41</sup> Dargestellt in Tabelle 6, Spalte N.

<sup>42</sup> Dargestellt in Tabelle 6, Spalte HV.

<sup>43</sup> Ermittelt aus Tabelle 6, Spalte N. Berechnungsgang: 49+166+19+61= 295. Ermittelt aus Tabelle 6, Spalte N.

<sup>44</sup> Ermittelt aus Tabelle 6, Spalte HV. Berechnungsgang: 0,307+0,412+0,190+0,109 = 1,018.

<sup>45</sup> Das Marktvolumen (MV) oder Theoretische Potenzial (TP) enthält die intern verwendeten Mengen sowie die Mengen, welche im Ausland an Endverwerter vertrieben werden (vgl. auch Kap. 3.6). Dargestellt in Tabelle 6, Spalte «MV, TP».

gangen werden. Davon wurden 0,324<sup>46</sup> Mio. Tonnen Altholz oder 32 Prozent der Menge geschätzt. In der Schweiz wurden innerbetrieblich 0,669 Mio. Tonnen Altholz hauptsächlich zur Energieerzeugung (0,644<sup>47</sup> Mio.) und wesentlich geringere Mengen für die Produktion von Spanplatten (0,021 Mio. Tonnen) genutzt. Den Rest verwendete man für andere Zwecke (z.B. Kompostierung) und ein ganz kleiner Teil wurde auf Deponien beseitigt. Der Weitertransport (WT) belief sich auf 0,814 Mio. Tonnen Altholz (Tab. 7, Spalte WT).

Tab. 6: Gegenüberstellung der gesamtschweizerisch eindeutigen Antworten aus der Befragung (2014 erfasste Daten) und den geschätzten Mengen. Tabelle 21 im Anhang zeigt die äquivalente Tabelle mit Auflösungsebene Kanton.

Untersuchungsschritt		N	HV	MV, TP	NP	BG	ZP
			Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t	Mio. t
Schriftlich erfasst	AE	49	0,307	0,301	0,278	0,275	0,003
	AT	166	0,412	0,148	0,062	0	0,062
Telefonisch erfasst	AE	19	0,190	0,186	0,180	0,169	0,011
	AT	61	0,109	0,039	0,032	0	0,032
Geschätzte Menge* <sup>48</sup>	AE	38(KT)	0,230	0,229	0,211	0,200	0,011
	AT	116(KT)	0,236	0,095	0,055	0	0,055
KAEAT		118	–	–	–	–	–
<b>Gesamtmenge Schweiz</b>		<b>567</b>	<b>1,484</b>	<b>0,998</b>	<b>0,817*<sup>1</sup></b>	<b>0,644</b>	<b>0,174</b>
<b>Energiemenge in PJ*<sup>2</sup></b>		<b>–</b>	<b>–</b>	<b>14,3</b>	<b>11,7</b>	<b>9,2</b>	<b>2,5</b>
Anteil der geschätzten Mengen	AE	6,5%;	15,5%	22,9%	25,8%	31%	6,3%
	AT	20,6%	15,9%	9,5%	6,7%	0%	31,6%

#### Legende

AE	Altholzentsorger
AT	Ausschliessliche Altholztransporteure
BG	Bereits genutztes Potenzial
KAEAT	Keine Altholzentsorger/Altholztransporteure
KT	Kanton
MV	Marktvolumen
N	Anzahl der Betriebsstätten
NP	Nachhaltiges Potenzial
TP	Theoretisches Potenzial
HV	Handelsvolumen in den Betriebsstätten
ZP	Zusätzlich nutzbares Potenzial

\*<sup>1</sup> Import berücksichtigt nach Kapitel 3.6

\*<sup>2</sup> Primärenergieinhalt bei Heizwert Nadelholz 4.02 kWh/kg und Laubholz 3.86 kWh/kg (LWF, 2014). Dieser Heizwert bezieht sich auf lufttrockenes Holz (Wassergehalt 20%). Da deutlich mehr Nadelholz als Bauholz verwendet wird, gilt die Annahme eines Nadel- zu Laubholzanteils von 80 zu 20%. Der Umrechnungsfaktor von Joule in kWh beträgt nach BFE 2006,  $3,6 \cdot 10^6$ .

Berechnungsgang: (Menge Altholz [in kg] \* Energieinhalt [4,02] \* Anteil Nadelholz [0,8] + Menge Altholz [in kg] \* Energieinhalt (3,86) \* Anteil Laubholz [0,2]) \* Umrechnungsfaktor kWh in J ( $3,6 \cdot 10^6$ ) = Energiemenge in J.

<sup>46</sup> Berechnungsgang:  $0,229 + 0,095 = 0,324$ . Dargestellt in Tabelle 6, Spalte «MV, TP».

<sup>47</sup> Dargestellt in Tabelle 6, Spalte BG.

<sup>48</sup> Vergleiche Begriffserklärung Kapitel 2.

#### 4.1.2 Kantone

Tabelle 7 gibt einen Überblick zu den Auswertungsgrössen auf Kantonsebene in Tonnen Altholz. Tabelle 8 zeigt die Energieinhalte der Mengen. Die Mengen werden in Kapitel 4.2 genauer erläutert. Die Potenziale sind zudem in Abbildung 4 und 5 im Überblick dargestellt. Tabelle 21 im Anhang (Kap. 6.2.1) gibt analog zu Tabelle 6 eine detaillierte Resultatübersicht, aufgeteilt nach den eindeutigen Antworten nach Befragungsschritten, der Art der Betriebsstätten (Kategorien<sup>9</sup>) und den hochgerechneten Werten.

Tab. 7: Übersicht zu den Auswertungsgrössen auf kantonaler Ebene (in t Altholz).

KT	HV	MV,TP	NP	BG	ZP	WT
AG	83653	37298	32513	23421	9092	60232
AI	0	0	0	0	0	0
AR	1019	613	613	0	613	1019
BE	302613	189657	183020	170339	12681	132265
BL	57896	27939	21717	1040	20677	55394
BS	27493	23846	23846	23846	0	3647
FR	37954	19603	10640	3956	6684	33998
GE	54271	25929	16020	11846	4214	32556
GL	13652	7380	7380	3956	3424	9696
GR	61755	51890	49592	48198	1394	13556
JU	2893	1650	1650	0	1650	2893
LU	172335	87638	66066	48084	17982	124251
NE	16835	11882	9867	9867	0	6968
NW	4990	4984	4984	4984	0	6
OW	14039	7723	7023	0	7023	14039
SG	127630	113003	71738	41217	30521	80422
SH	4804	2511	356	356	0	4448
SO	84546	82125	81423	50709	30714	33537
SZ	18192	11271	11271	5664	5606	12528
TG	24509	14576	12664	12186	478	12321
TI	43435	17004	10685	8202	2483	35233
UR	1970	50	50	50	0	1920
VD	75794	59998	36360	36343	18	35368
VS	68729	63314	56276	52090	4187	16612
ZG	2511	0	0	0	0	2511
ZH	180000	136045	101303	87698	13605	88404
<b>CH (auf 1000 t)</b>	<b>1484000</b>	<b>998000</b>	<b>817000</b>	<b>644000</b>	<b>173000</b>	<b>814000</b>

#### Legende

BG	Bereits genutztes Potenzial
KT	Kanton
MV	Marktvolumen
NP	Nachhaltiges Potenzial
TP	Theoretisches Potenzial
WT	Weitertransport (weiter vertriebene Mengen)
HV	Handelsvolumen in den Betriebsstätten
ZP	Zusätzlich nutzbares Potenzial

Tab. 8: Übersicht zu den kantonalen Potenzialen (in PJ Primärenergieinhalt\*<sup>1</sup>).

KT	MV, TP	NP	BG	ZP
AG	0,54	0,47	0,34	0,13
AI	0,00	0,00	0,00	0,00
AR	0,01	0,01	0,00	0,01
BE	2,72	2,63	2,45	0,18
BL	0,40	0,31	0,01	0,30
BS	0,34	0,34	0,34	0,00
FR	0,28	0,15	0,06	0,10
GE	0,37	0,23	0,17	0,06
GL	0,11	0,11	0,06	0,05
GR	0,74	0,71	0,69	0,02
JU	0,02	0,02	0,00	0,02
LU	1,26	0,95	0,69	0,26
NE	0,17	0,14	0,14	0,00
NW	0,07	0,07	0,07	0,00
OW	0,11	0,10	0,00	0,10
SG	1,62	1,03	0,59	0,44
SH	0,04	0,01	0,01	0,00
SO	1,18	1,17	0,73	0,44
SZ	0,16	0,16	0,08	0,08
TG	0,21	0,18	0,17	0,01
TI	0,24	0,15	0,12	0,04
UR	0,00	0,00	0,00	0,00
VD	0,86	0,52	0,52	0,00
VS	0,91	0,81	0,75	0,06
ZG	0,00	0,00	0,00	0,00
ZH	1,95	1,45	1,26	0,20
<b>CH</b>	<b>14,3</b>	<b>11,7</b>	<b>9,2</b>	<b>2,5</b>

## Legende

BG Bereits genutztes Potenzial

KT Kanton

MV Marktvolumen

NP Nachhaltiges Potenzial

TP Theoretisches Potenzial

ZP Zusätzlich nutzbares Potenzial

\*1 Primärenergieinhalt bei Heizwert Nadelholz 4,02 kWh/kg und Laubholz 3,86 kWh/kg (LWF, 2014). Dieser Heizwert bezieht sich auf luftgetrocknetes Holz (Wassergehalt 20%). Da deutlich mehr Nadelholz als Bauholz verwendet wird, gilt die Annahme eines Nadel- zu Laubholzanteils von 80 zu 20%. Der Umrechnungsfaktor von Joule in kWh beträgt nach BFE 2006,  $3,6 \cdot 10^6$ .  
 Berechnungsgang: (Menge Altholz [in kg] \* Energieinhalt [4,02] \* Anteil Nadelholz [0,8] + Menge Altholz [in kg] \* Energieinhalt [3,86] \* Anteil Laubholz [0,2]) \* Umrechnungsfaktor kWh in J ( $3,6 \cdot 10^6$ ) = Energiemenge in J.

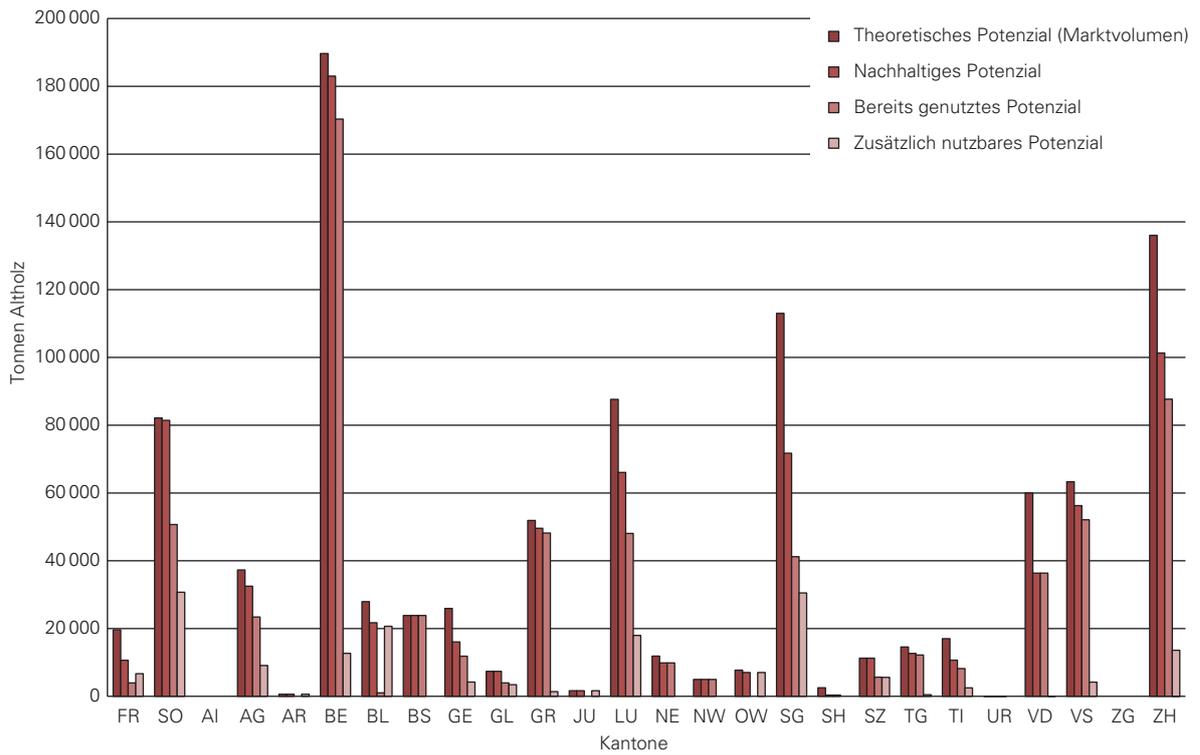


Abb. 4: Energieholzpotenziale aus Altholz in den Kantonen.

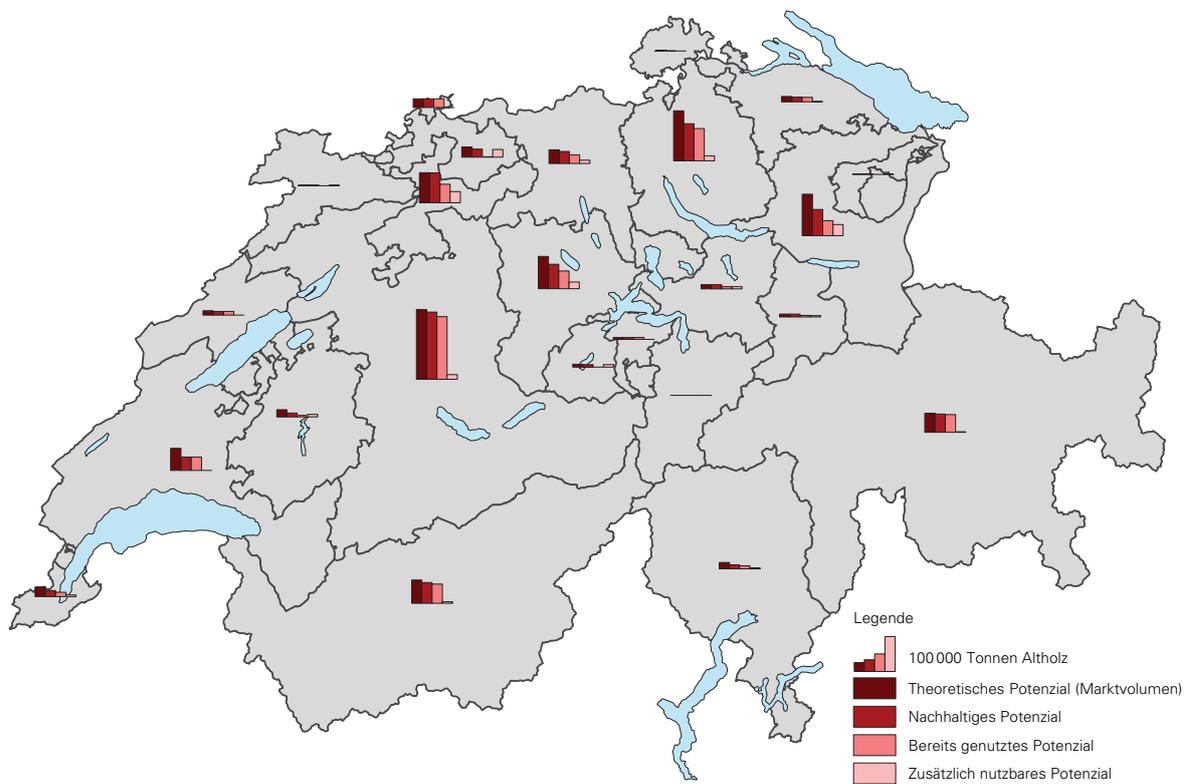


Abb. 5: Energieholzpotenziale aus Altholz in der Schweiz (räumliche Darstellung).

## 4.2 Potenziale

Hier werden die Resultate der in Kapitel 3.6 erläuterten Auswertungsgrössen dargelegt. Zunächst erfolgt eine Betrachtung der gesamten Schweiz (Kap. 4.2.1 bis 4.2.5). In Kapitel 4.2.6 werden die Auswertungsgrössen für die Kantone aufgezeigt.

### 4.2.1 Theoretisches Potenzial und Marktvolumen

Das von den Betriebsstätten erfasste Altholz erfährt in vielen Fällen eine Sortierung oder Aufbereitung. Es wird innerhalb der Betriebsstätten genutzt oder weiter vertrieben. Der Vertrieb erfolgt entweder an andere *Altholztransporteure* oder direkt an *Endverwerter*, wie Biomasseheizkraftwerke oder zu einem deutlich geringeren Anteil an Hersteller von Spanplatten.

Tab. 9: Nutzung und Vertrieb des Altholzes. Handelsvolumen und zwei Varianten für die Berechnung des Marktvolumens <sup>49</sup>.

Vertriebs-/und Verwertungsstufe	idBeM (Mio. t)	%	MH (Mio. t)	%
<b>Handelsvolumen</b>	<b>1,018</b>	<b>100</b>	<b>1,484</b>	<b>100</b>
Innerbetriebliche Nutzung	0,464	46	0,669	45
...energetische Nutzung	+0,445	44	+0,644	43
...Herstellung von Spanplatten	+0,017	2	+0,021	1
...Beseitigung/Anderes	+0,003	-	+0,005	-
Weitervertrieb	0,553	54	0,814	55
...an andere Aufbereiter	+0,096	9	+0,145	10
...an Endverwerter im Inland	+0,247	24	+0,341	23
...an Endverwerter im Ausland	+0,210	21	+0,328	22
<b>Marktvolumen</b>	<b>0,674</b>	<b>66</b>	<b>0,998</b>	<b>67</b>
Innerbetriebliche Nutzung	0,464	46	0,669	45
...energetische Nutzung	+0,445	44	+0,644	43
...Herstellung von Spanplatten	+0,017	2	+0,021	1
...Beseitigung/Anderes	+0,003	-	+0,005	-
Weitervertrieb	0,553	54	0,814	55
... an Endverwerter im Ausland	+0,210	21	+0,328	22
<b>oder</b>				
Handelsvolumen	1,018	100	1,484	100
Weitervertrieb	0,553	54	0,814	55
...an andere Aufbereiter	-0,096	9	-0,145	10
...an Endverwerter im Inland	-0,247	24	-0,341	23

#### Legende

- idBeM In der Befragung erfasste Mengen  
 MH Mengen nach der Hochrechnung  
 % Bezieht sich auf die erfasste Menge idBeM oder MH.

<sup>49</sup> Vergleiche dazu auch Formeln 2.1 und 2.2 in Kapitel 3.6.

Von der erfassten Menge in Höhe von 1,484 Mio. Tonnen wurden 0,669 Mio. Tonnen innerbetrieblich genutzt. Von der innerbetrieblich genutzten Menge gingen 0,644 Mio. Tonnen (96 %) in eine energetische Nutzung. Nur ein sehr kleiner Teil wurde inländisch für die Herstellung von Spanplatten verwendet, beseitigt (Deponie) oder für andere Zwecke (z.B. Kompostierung) genutzt (siehe auch Kap. 4.3). Der Vertrieb der verbleibenden 0,814 Mio. Tonnen erfolgte mit 0,145 Mio. Tonnen zu 18 Prozent an andere *Altholzentsorger/-transporteure*. 0,341 Mio. Tonnen oder 42 Prozent der transportierten Menge wurden direkt an Endverwerter im Inland weitervertrieben. Die restlichen 40 Prozent (0,328 Mio. Tonnen, 22 Prozent der erfassten Menge) vermarktete man an Endverwerter ins Ausland (Tab. 9). Die genauere Aufteilung des Vertriebs in Betriebsgrößenklassen und die Verwendung bei den Endverwertern im In- und Ausland kann den Kapiteln 4.4 beziehungsweise 4.5 entnommen werden.

Das Marktvolumen von Altholz kann aus diesen Angaben auf zwei Arten ermittelt werden (Tab. 9). Es setzt sich einerseits aus der innerbetrieblichen Nutzung und dem Vertrieb an Endverwerter im Ausland zusammen. Andererseits stellt das Marktvolumen die Differenz zwischen dem Handelsvolumen und dem Vertrieb an andere *Altholzentsorger/-transporteure* zuzüglich der Menge an Endverwerter im Inland dar.<sup>50</sup>

In der Befragung konnte ein Marktvolumen oder theoretisches Potenzial für die Energienutzung von 0,674<sup>51</sup> Mio. Tonnen (idBeM) erfasst werden. Das daraus hochgerechnete Volumen belief sich auf fast eine Mio., nämlich **0,998<sup>52</sup> Mio. Tonnen** Altholz (14,3 PJ) für das Jahr 2014.

#### 4.2.2 Nachhaltiges Potenzial Schweiz

In der Befragung konnte ein nachhaltiges Potenzial für die Energienutzung von 0,552<sup>53</sup> Mio. Tonnen erfasst werden (idBeM). Das daraus hochgerechnete Volumen belief sich auf **0,817<sup>54</sup> Mio. Tonnen** Altholz (11,7 PJ) für das Jahr 2014. Die Menge bestand aus dem heute bereits innerbetrieblichen genutzten Material und dem Energieholz, welches heute an Endverwerter im Ausland vertrieben wurde. Nicht enthalten ist Altholz zur Herstellung von Spanplatten und belastetes Material, welches speziell entsorgt werden musste. Die Differenz zum theoretischen Potenzial beträgt 0,181 Mio. Tonnen Altholz und wurde mit fast 0,160 Mio. Tonnen hauptsächlich im Ausland zur Herstellung von Spanplatten genutzt.

<sup>50</sup> Da die Studie als Vollerhebung konzipiert wurde, sind die Mengen an inländische Endverwerter bereits in der innerbetrieblich genutzten Menge enthalten und müssen deswegen wie beschrieben zur Berechnung des Marktvolumens von der erfassten Menge Altholz abgezogen werden.

<sup>51</sup> Berechnungsgang in Mio. t,  $0,445+0,017+0,003+0,210=0,674$  oder  $1,018-0,096-0,247=0,674$ . Die Werte für die Berechnungen können der Tabelle 9, Spalte idBeM entnommen werden. Ergäbe 0,675, enthält aber Rundungsfehler.

<sup>52</sup> Berechnungsgang in Mio. t,  $0,644+0,021+0,005+0,328=0,998$  oder  $1,484-0,145-0,341=0,998$ . Die Werte für die Berechnungen können der Tabelle 9, Spalte MH entnommen werden.

<sup>53</sup> Tabelle 6, Spalte NP, Berechnungsgang:  $0,278+0,062+0,180+0,032=0,552$ .

<sup>54</sup> Tabelle 6, Spalte NP.

### 4.2.3 Bereits genutztes Potenzial Schweiz

In der Befragung konnte ein bereits genutztes Potenzial für die Energienutzung von 0,444<sup>55</sup> Mio. Tonnen ermittelt werden. Das daraus hochgerechnete Volumen belief sich auf **0,644<sup>56</sup> Mio. Tonnen** Altholz (9,2 PJ) für das Jahr 2014. Die Menge bestand aus dem heute bereits innerbetrieblichen genutzten Material.

### 4.2.4 Zusätzlich Nutzbares Potenzial Schweiz

In der Befragung konnte ein zusätzlich nutzbares Potenzial für die Energienutzung von 0,108<sup>57</sup> Mio. Tonnen ermittelt werden. Das daraus hochgerechnete Volumen belief sich auf **0,174<sup>58</sup> Mio. (2,5 PJ) Tonnen** Altholz für das Jahr 2014. Es bestand aus Altholz, welches heute im Ausland hauptsächlich für die Energieerzeugung eingesetzt wurde.

### 4.2.5 Weitertransport Schweiz

Es entspricht der Menge, welche von den Betriebstätten 2014 weiter transportiert wurde. Der Weitertransport<sup>59</sup> belief sich auf eine Schätzmenge von 0,814 Mio. Tonnen (in der Befragung konnten 0,553 Mio. Tonnen Altholz erfasst werden). Davon ging der Grossteil (0,669 Mio. Tonnen) direkt an Endverwerter im In- und Ausland, der Rest an andere *Altholzentsorger/-transporteure*. An Endverwerter ins Ausland gingen 0,328 Mio. Tonnen, das entsprach fast 50 Prozent der Menge, welche an Endverwerter weiter vertrieben wurde. Im Ausland wurde das exportierte Altholz an Endverwerter mit 44 Prozent hauptsächlich für die Energieproduktion, mit 42 Prozent aber auch häufig für die Herstellung von Spanplatten eingesetzt; der Rest anderweitig genutzt. Ganz kleine Mengen landeten im Ausland auf Deponien.

### 4.2.6 Potenziale in den Kantonen

Betrachtet man die absoluten Mengen in den Kantonen, befindet sich das grösste energetisch nutzbare Altholzpotenzial (*Marktvolumen, Theoretisches Potenzial*) im Kanton Bern. Wobei heute der grösste Teil bereits lokal energetisch verwertet wird. Auch das nachhaltige Potenzial für die Energieerzeugung ist hier gross und beläuft sich auf 0,180 Mio. Tonnen. Dementsprechend werden im Kanton Bern nur geringe Mengen ins Ausland exportiert und dort energetisch oder für die Herstellung von Spanplatten genutzt. Ebenfalls grosse theoretisch und nachhaltig verfügbare Mengen befinden sich in den Kantonen Zürich, St. Gallen, Luzern und Solothurn. Diese Kantone nutzen jedoch deutlich kleinere Anteile selber energetisch. Es werden grössere Mengenteile exportiert und anschliessend im Ausland zur Energieproduktion oder zur Herstellung von Spanplatten eingesetzt. Im Kanton Zürich gibt es kleine Mengen, welche unbekanntem Nutzungen (evtl. Kompostierung) im In- und Ausland zugeführt werden.

In der Innerschweiz (NW, OW, SZ, UR, ZG), in den beiden Appenzell (AR, AI) und im Jura (JU) waren die theoretisch und nachhaltig verfügbaren Mengen, sowie das bereits genutzte Potenzial am kleinsten (vgl. Abb. 4, 5 und 6). Der Weitertransport war in diesen Kantonen meist vergleichsweise gross. Das könnte darauf hinweisen, dass neben den Auslandsexporten auch ein

<sup>55</sup> Tabelle 6, Spalte BG, Berechnungsgang:  $0,275+0,169=0,444$ .

<sup>56</sup> Tabelle 6, Spalte BG.

<sup>57</sup> Tabelle 6, Spalte ZP, Berechnungsgang:  $0,003+0,062+0,011+0,032=0,108$ .

<sup>58</sup> Tabelle 6, Spalte ZP.

<sup>59</sup> Entspricht der von den Betriebsstätten weiter vertriebenen Menge.

Transport in umliegende Kantone stattfindet. Flächenmässig sind dies kleine Kantone mit geringer Bevölkerungsdichte und kleinen Ballungszentren sowie Industriegebieten. Bei letzteren<sup>60</sup> handelt es sich um Faktoren, welche auch die «Ländlichkeit» bestimmen und deswegen gemäss NIGG *et al.* 2012 einen deutlichen Einfluss auf die Altholzmengen haben können. Die *Marktvolumen* jedes Kantons können den Spalten TP in Tabelle 7 oder Tabelle 21 (im Anhang Kap. 6.2.1) entnommen werden. Verteilt man die theoretisch verfügbare Altholzmenge jedes Kantons gleichmässig auf seine Einwohner (Abb. 7), so variierte die Altholzmenge pro Einwohner zwischen wenigen Kilogramm in den Kantonen Appenzell Innerrhoden/Ausserrhoden, Zug, Uri, Freiburg, Genf, Neuenburg, Schwyz und Tessin bis zu etwa 300 kg in den Kantonen Solothurn, St. Gallen und Graubünden. Die sehr grossen absolut verfügbaren Altholzmengen (vgl. vorherigen Abschnitt) der Kantone Bern, Zürich und Luzern (Abb. 6) schrumpften bei dieser relativen Betrachtung deutlich. Beispielsweise entsprach die theoretisch verfügbare Altholzmenge im Kanton Zürich noch ungefähr dem gesamtschweizerischen Durchschnittswert von 122 kg<sup>61</sup> pro Einwohner.

Die Potenziale jedes Kantons können der Tabelle 7 (t Altholz), 8 (PJ Primärenergie) oder 21 (Anhang Kap. 6.2.1, in t Altholz inklusive geschätzte, erfasste Mengen) entnommen werden.

<sup>60</sup> Gemeint sind Bevölkerungsdichte, Ballungszentren und Industriegebiete.

<sup>61</sup> Berechnungsgang:  $\text{Altholzmenge pro Einwohner} = \frac{\text{TP der Schweiz}}{\text{Einwohnerzahl der Schweiz}} = \frac{0,998 \text{ Mio t}}{8,2 \text{ Mio Einwohner}}$ .

Die 0,998 Mio. Tonnen entsprechen dem Marktvolumen oder dem theoretischen Potenzial (TP). Vergleiche auch die Begriffserklärung in Kapitel 2, die Erläuterungen zu den Auswertungsgrössen in Kapitel 3.6 und die Resultate zum Marktvolumen in Kapitel 4.1. Die Einwohnerzahl von 8,2 Mio. wurde dem BFS 2014 entnommen.

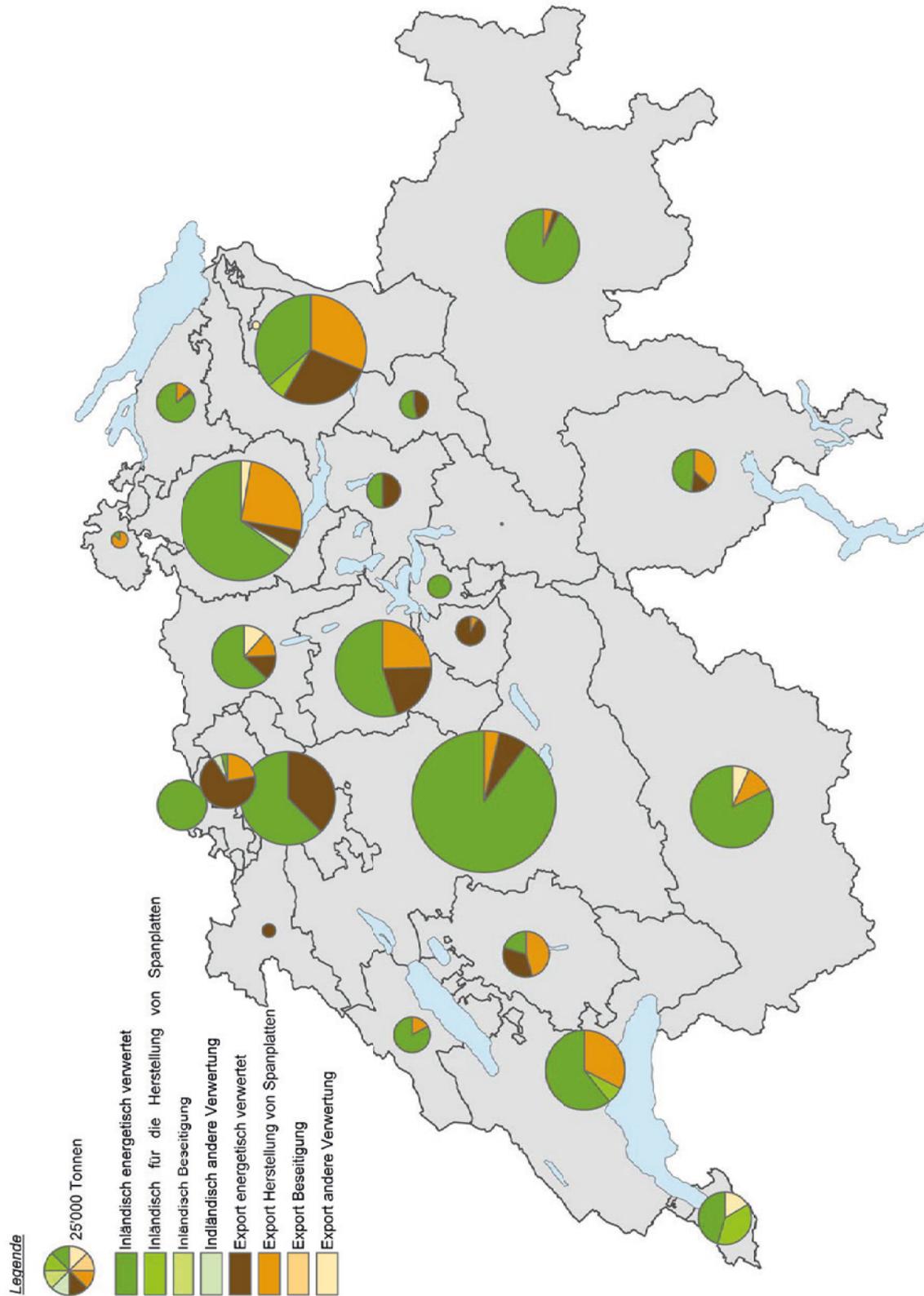


Abb. 6: Räumliche Verteilung des Marktvolumens oder Theoretischen Potenzials und seine Verwertung 2014.

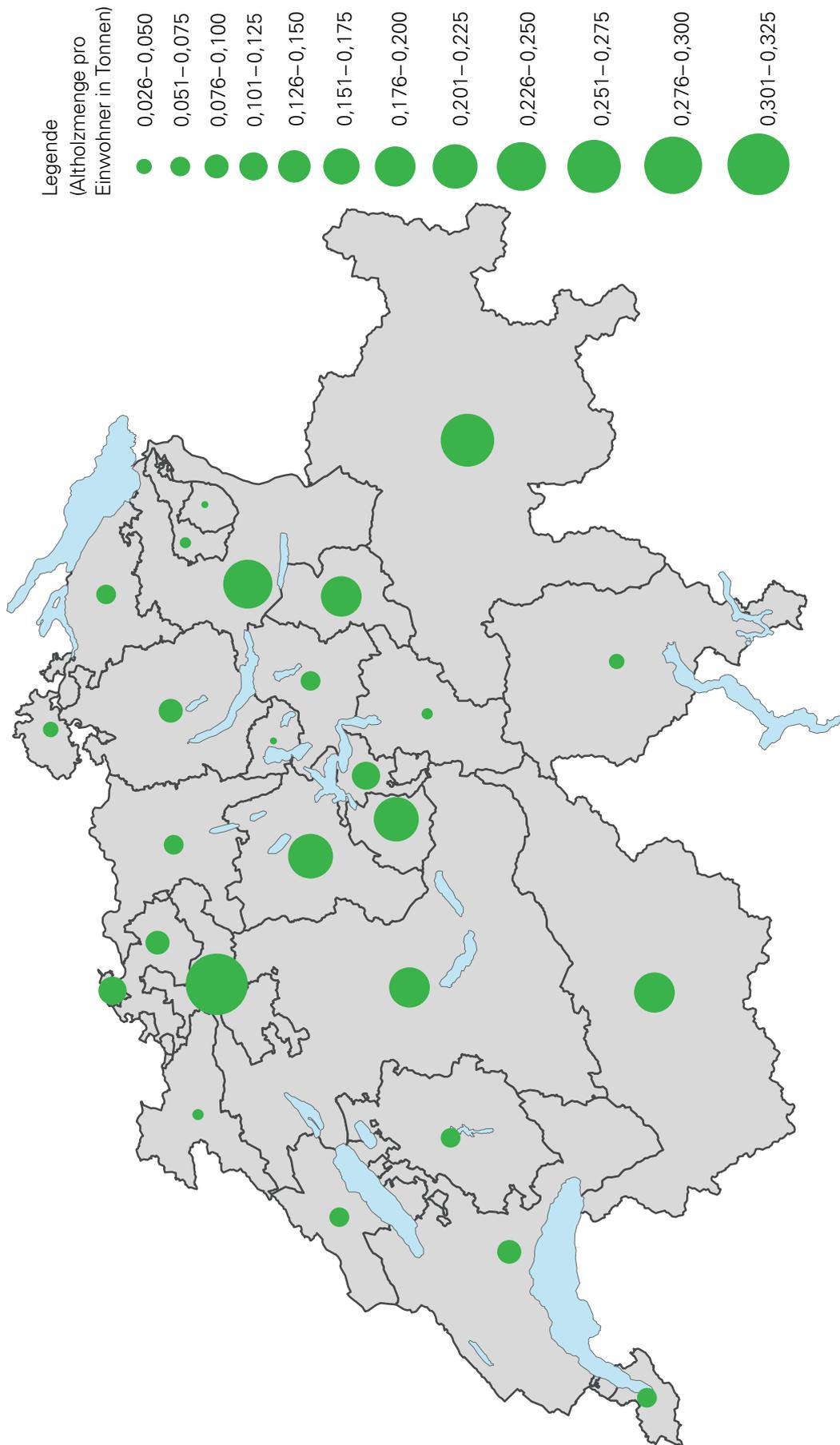


Abb 7: Räumliche Verteilung des Marktvolumens oder Theoretischen Potentials pro Einwohner 2014 (Mittelwert über die Schweiz etwa 0,122 Tonnen Altholz/Person).

### 4.3 Innerbetriebliche Altholznutzung

Im Jahr 2014 wurden in der Schweiz rund 0,669 Mio. Tonnen oder gut 45 Prozent des erfassten Altholzes innerbetrieblich genutzt. Tabelle 10 zeigt die Grössenstrukturen, die umgesetzten Mengen (Handelsvolumen) und die innerbetrieblichen Nutzungsanteile.

Tab. 10: Innerbetriebliche Nutzung nach Grössenklassen, Altholzentsorger.

Betriebsgrösse	Betriebe Gesamt (AT + AE)	Handelsvolumen	Betriebe Altholz- entsorger (AE)	Innerbetrieblich genutzt	
[t]		[t]	[N]	[t]	[%]* <sup>1</sup>
< 500	155	0,025	18	0,001	4,0
500–999	62	0,045	18	0,010	22,2
1 000–2 499	100	0,155	12	0,015	1,0
2 500–4 999	63	0,230	24	0,088	38,3
5 000–9 999	25	0,164	9	0,058	35,4
10 000–19 999	29	0,383	16	0,169	44,1
≥ 20 000	15	0,483	9	0,327	67,7
Summe	449	1,484	106	0,669	45,1

Legende

AE Altholzentsorger

\*<sup>1</sup> % vom Handelsvolumen

AT Ausschliesslicher Altholztransporteur

N Anzahl

Die innerbetriebliche Verwertung von Altholz ist in allen Betriebsgrössenklassen erkennbar. In kleineren Betriebsgrössenklassen war sie teilweise deutlich geringer (<500, 500–999, 1 000–2 499) als in den grösseren. Die Grössenklassen 2 500–4 999, 5 000–9 999 und 10 000–19 999 haben eine innerbetriebliche Nutzung zwischen 35 und 45 Prozent. Die grössten Mengen (68 %) werden von den Firmen der Grössenklasse über 20 000 Tonnen genutzt (Abb. 12 und 13).

Das Altholz nutzte man in den Betrieben hauptsächlich energetisch. 2014 waren dies 0,644 Mio. Tonnen. 0,021 Mio. Tonnen fanden in der Spanplattenindustrie Verwendung. Die Beseitigung von Altholz und die Nutzung für andere Zwecke, wie die Kompostierung des Materials hatte mit knapp 5 000 Tonnen kaum Bedeutung (Abb. 13). Befragungen aus Deutschland (MANTAU *et al.* 2012) zeigten, dass in seltenen Fällen zudem eine stoffliche Nutzung in Form einer Vergasung oder als Nutzung von Bauholz vorkommt. Zudem wurden kleine Mengen teilweise auch an Privatpersonen abgegeben.

Tab. 11: Innerbetriebliche Nutzung von Altholz.

	Mio. t (idBeM)	Mio. t (MH)
Innerbetriebliche Nutzung	0,464	0,669
... energetische Nutzung	0,445	0,644
... Herstellung von Spanplatten	0,017	0,021
... Beseitigung/Anderes	0,003	0,005

Legende

idBeM In der Befragung erfasste Mengen

MH Mengen nach der Hochrechnung

Die innerbetriebliche Nutzung von Altholz ist in Abbildung 8 auf Kantonsebene und in Abbildung 13 auf Gemeindeebene dargestellt. Grössere Mengen zur Herstellung von Spanplatten wurden in den Kantonen Genf St. Gallen und Waadt genutzt.

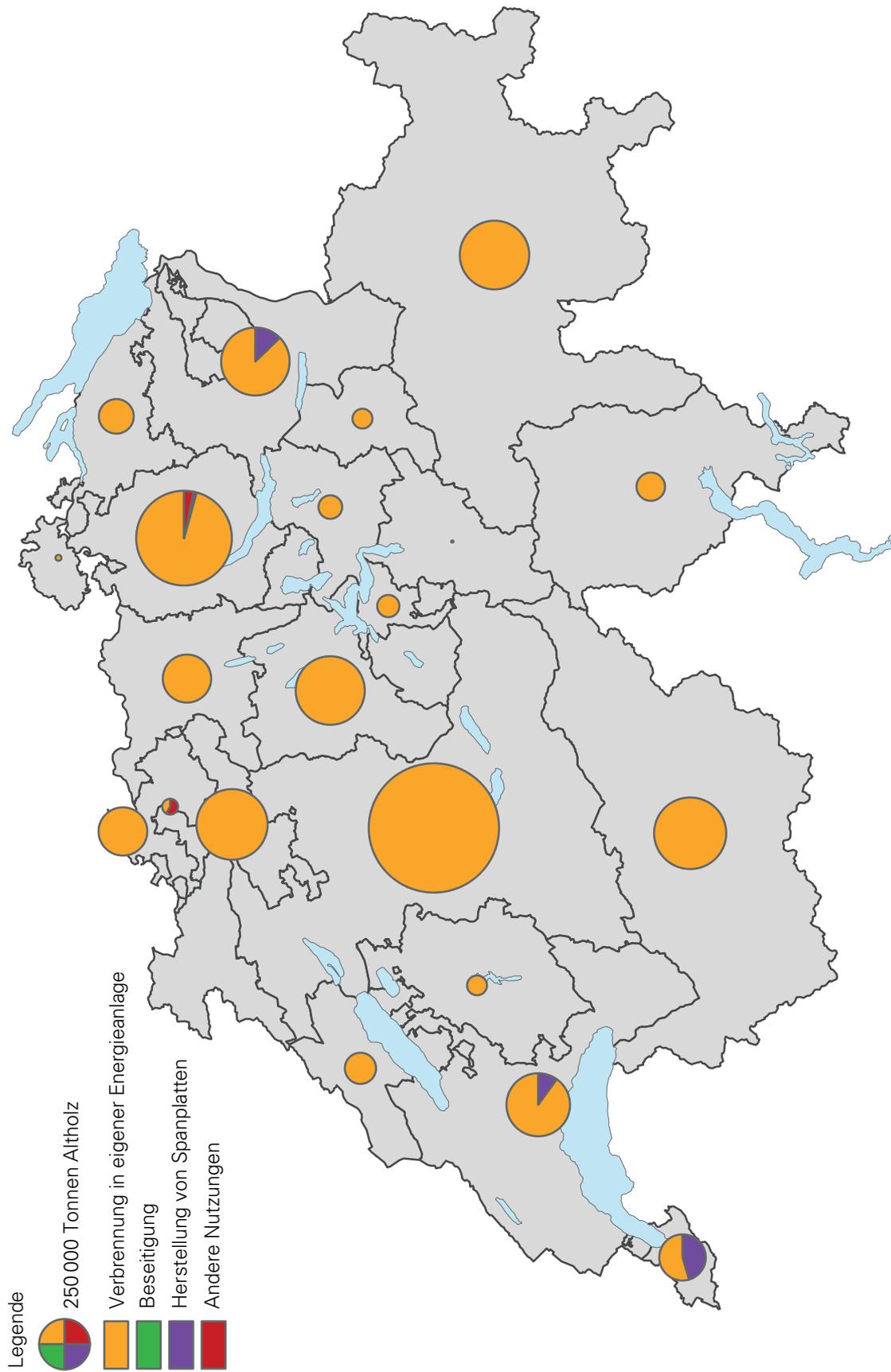


Abb. 8: Innerbetriebliche Nutzung von Altholz 2014 (0,669 Mio. Tonnen) in den Kantonen.

#### 4.4 Vertrieb des Altholzes

Von den *Altholzentsorgern* und *Ausschliesslichen Altholztransporteuren* wurden 0,814 Mio. Tonnen Altholz weiter vertrieben. Abnehmer waren Endverwerter im In- und Ausland oder andere *Altholzentsorger/-transporteure*. Tabelle 12 zeigt den Vertrieb von Altholz nach Betriebsgrössenklassen.

Tab. 12: Vertrieb des Altholzes nach Betriebsgrössenklassen.

Betriebsgrösse	Betriebe Gesamt (AT + AE)	HV	WT		AEV		AaAEAT	
[t]	[N]	[Mio. t]	[Mio. t]	[%1]	[Mio. t]	[%2]	[Mio. t]	[%2]
< 500	155	0,025	0,023	94,5	0,014	60,1	0,009	39,9
500–999	62	0,045	0,034	76,1	0,016	46,9	0,018	53,1
1 000–2 499	100	0,155	0,139	89,0	0,097	69,9	0,042	30,1
2 500–4 999	63	0,230	0,142	61,8	0,129	90,1	0,013	9,9
5 000–9 999	25	0,164	0,106	64,7	0,100	94,4	0,006	5,6
10 000–19 999	29	0,383	0,214	55,8	0,188	88,3	0,025	11,7
≥ 20 000	15	0,483	0,156	32,3	0,125	80,0	0,031	20,0
Summe	449	1,484	0,814	54,9	0,670	82,3	0,145	17,7

##### Legende

AaAEAT An andere Altholzentsorger/-transporteure

AEV An Endverwerter

HV Handelsvolumen

WT Weitervertrieb

[%1] Angaben beziehen sich auf das Handelsvolumen (HV; umgesetzte Menge)

[%2] Angaben beziehen sich auf die weiter vertriebenen Menge (WT)

Von den 0,814 Mio. Tonnen wurden insgesamt 82,3 Prozent an Endverwerter vertrieben. Davon gingen 40,3 Prozent an Endverwerter im Ausland. 0,145 Mio. Tonnen oder 17,7 Prozent der weiter vertriebenen Menge (WT) wurden An *andere Altholzentsorger/-transporteure* abgegeben. Tabelle 12 verdeutlicht Unterschiede im Vertrieb des Altholzes in Abhängigkeit von der Betriebsgrössenklasse. Unternehmen mit mehr als 2 500 Tonnen Umsatz vertrieben oft grössere Mengen direkt an Endverwerter als kleinere.

#### 4.5 Vertrieb des Altholzes an Endverwerter

Der Vertrieb von Altholz erfolgte ungefähr zu gleichen Teilen an inländische und ausländische Abnehmer. Inländisch wurde der grösste Teil (0,288 Mio. t, 84,2 %) für die Energieerzeugung eingesetzt. An die Spanplattenindustrie in der Schweiz wurde nur wenig Altholz vermarktet. Altholz welches in den Export ging, wurde dagegen mehrheitlich für die Herstellung von Spanplatten (48,6 %) genutzt. Ebenfalls ein grosser Teil des exportierten Altholzes (46,2 %) wurde im Ausland für die Erzeugung von Energie eingesetzt. Nur ein ganz kleiner Teil der Befragten gab in der Umfrage an, im Ausland Altholz zu beseitigen (Deponie). Zudem ging im In- und Ausland ein kleiner Anteil des vertriebenen Altholzes (3,0 % bzw. 2,5 %) in andere Verwertungen (Tab. 13). Nach MANTAU *et al.* (2012) wird dieses Material in den meisten Fällen kompostiert.

Tab. 13: Vertrieb an Endverwerter im In- und Ausland.

	Nutzungsart	Altholz (hochgerechnete Menge) [Mio. t]	[%]
Inland	Herstellung von Spanplatten	0,031	4,6
	Energetische Verwertung	0,288	42,9
	Beseitigung	0,003	0,4
	Sonstiges	0,020	3,0
Export	Herstellung von Spanplatten	0,160	23,9
	Energetische Verwertung	0,152	22,7
	Beseitigung	0,000	0
	Sonstiges	0,017	2,5
	Summe	0,670	100

Besonders grosse Mengen an Altholz wurden in den Kantonen St. Gallen, Zürich, Luzern, Basel-Land, Solothurn und Waadt ins Ausland vertrieben. Dabei gingen in den Kantonen St. Gallen, Zürich und Luzern besonders grosse Mengen in die Herstellung von Spanplatten. Für eine energetische Nutzung im Ausland wurden vor allem Mengen aus den Kantonen Basel-Land, Solothurn und St. Gallen verwendet (vgl. Abb. 9).

#### 4.6 Herkunft des Altholzes

Neben dem Vertrieb des Altholzes wurden die Betriebsstätten auch zur Herkunft ihres Altholzes befragt. In Tabelle 14 sind dazu die Ergebnisse nach den Betriebsgrössenklassen dargestellt.

Tab. 14: Herkunft des Altholzes nach Betriebsgrössenklassen.

Betriebsgrösse	Eigene Sammlung	Von anderen Entsorgern	Import
[t]	[%]	[%]	[%]
< 500	76,0	24,0	0,0
500–999	65,8	34,2	0,0
1 000–2 499	69,7	27,9	2,4
2 500–4 999	39,6	60,4	0,0
5 000–9 999	51,9	48,1	0,0
10 000–19 999	41,8	58,2	0,0
≥ 20 000	30,6	69,4	0,0
Summe	43,1	56,6	0,3

Betriebsstätten mit einem kleineren Altholzumsatz (< 2 500 t) haben einen grösseren Anteil an eigener Sammlung (vgl. Frage 2 Fragebogen, Kap. 6.4). Dagegen waren die Anteile von anderen Altholzentsorgern bei Betriebsstätten mit einem Altholzumsatz von über 2 500 Tonnen deutlich grösser. Nur in Ausnahmefällen wurde Altholz vom Ausland importiert. Die Menge beschränkte sich auf knapp 4 000 Tonnen.

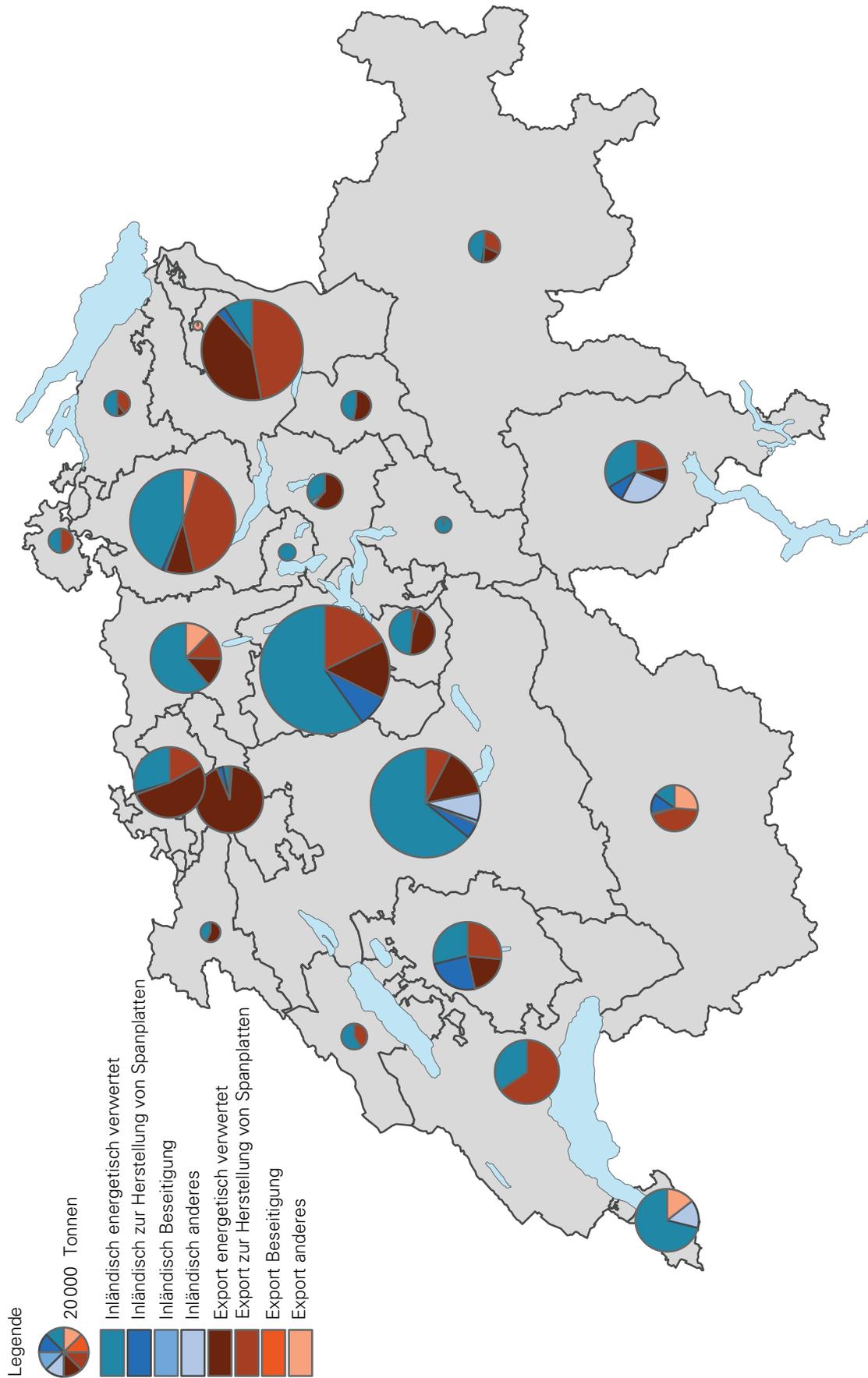


Abb. 9: Vertrieb von Altholz 2014 an Endverwerter zur energetischen Nutzung, Herstellung von Spanplatten, Beseitigung oder anderes (z.B. Kompostierung) im Inland (Inländisch, blau) und ins Ausland (Export, braun).

## 4.7 Altholzmengen der Kehrichtverbrennungsanlagen (KVA)

Gesamtschweizerisch konnten ein Drittel aller KVA befragt werden. Das liegt deutlich niedriger als bei allen anderen Betriebsstätten, wo der Rücklauf bei über 70 Prozent (schriftlich und telefonisch) lag. Deswegen ist die Unsicherheit der Mengen nach der Hochrechnung (MH) grösser, als bei den anderen Betriebsstätten. Die Menge wurde deswegen anders berechnet als für andere Altholzentsorger (Kap. 3.5.2.4). Gesamtschweizerisch konnte in der Befragung eine Menge von 0,063 Mio. Tonnen ermittelt werden, die geschätzte Menge belief sich auf 0,121 Mio. Tonnen. Das ergab nach der Hochrechnung eine Menge von fast 0,184 Mio. Tonnen Altholz. Das entsprach gut 12 Prozent der gesamten erfassten Altholzmenge (Handelsvolumen, 1,484 Mio. Tonnen). Die grössten dazu geschätzten Mengen ergaben sich für die Kantone Aargau, Bern und Tessin (Tab. 15).

Tab. 15: In der Befragung erfasste Mengen, geschätzte Mengen und Mengen nach der Hochrechnung für die KVA.

KT	idBeM	gM	MH
FR	0	3956	3956
SO	0	6434	6434
AG	0	29930	29930
BE	0	20899	20899
BS	0	3956	3956
GE	5367	0	5367
GL	0	3956	3956
GR	0	3956	3956
LU	0	0	0
NE	3433	6434	9867
SG	14500	10390	24890
TG	7500	0	7500
TI	0	12987	12987
VD	11474	0	11474
VS	0	11868	11868
ZH	20300	6434	26734
CH	62574	121200	183774

### Legende

MH	Mengen nach der Hochrechnung
idBeM	in der Befragung erfasste Menge
gM	geschätzte Menge
KT	Kanton (Details s. Abkürzungen)



## 5 Wichtigste Ergebnisse und Schlussbemerkungen

### Vorgehen und Grundlagendaten

Basierend auf einer erstmals durchgeführten Vollerhebung wurden das Altholzaufkommen, die Altholzflüsse und insbesondere die energetischen Nutzungen von Altholz in der Schweiz untersucht. Die 2015 durchgeführte Vollerhebung mittels Befragung bezieht sich auf das Jahr 2014. Insgesamt konnten 567 Betriebsstätten ermittelt und angeschrieben werden, wovon 105 als AltholzentSORGER und 344 als ausschliessliche Altholztransporteure identifiziert wurden. Der Rest waren weder AltholzentSORGER noch Altholztransporteure und gehörten somit nicht zur Grundgesamtheit. Betrachtet wurden die Verfügbarkeit für eine energetische Nutzung und die räumliche Verteilung. Es erfolgte eine Abschätzung der (i) theoretisch verfügbaren, (ii) der realistischen Weise nachhaltig nutzbaren, (iii) der heute bereits genutzten sowie der (iv) zusätzlich nutzbaren Mengen. Diese wurden gesamtschweizerisch und kantonale aufgelöst abgebildet. Zudem erlauben die Ergebnisse einen differenzierten Überblick über das Altholzaufkommen und die Stoffströme in der Schweiz.

### Aufkommen und Verfügbarkeit von Altholz für die energetische Nutzung relevant

Die gesamte Altholzmenge (Marktvolumen, bzw. theoretisches Potenzial für die energetische Nutzung) betrug 2014 knapp eine Million Tonnen beziehungsweise 14,3 PJ. Das zusätzlich nutzbare Potenzial des Altholzes beträgt 2,5 PJ und entspricht damit einem Fünftel des gesamten zusätzlich für die energetische Nutzung verfügbaren Holzpotenzials. Zudem trug Altholz 2014 zu einem Viertel (9,2 PJ) zur Energieproduktion aus verholzter Biomasse bei (Abb. 10 und Tab. 6).

Das grösste theoretische (Marktvolumen) und das grösste nachhaltige Potenzial für die energetische Nutzung ergaben sich im Kanton Bern. Davon wurden jedoch bereits grosse Mengen lokal genutzt. Zusätzlich nutzbare Mengen ergaben sich hauptsächlich in den Kantonen St. Gallen, Solothurn, Luzern, Basel-Land und Zürich.

### Die neuen Ergebnisse im Vergleich mit anderen Studien - Hohes Altholzaufkommen in der Schweiz

Für das Jahr 1990 weisen TAVERNA *et al.* 2010 für die Schweiz eine Altholzmenge von 0,8 Mio. Tonnen, für das Jahr 2010 1,0 Mio. Tonnen Altholz aus. Das Potenzial von 2010 entspricht dem in der vorliegenden Studie ausgewiesenen Marktvolumen oder theoretischen Potenzial für das Jahr 2014 von 0,998 Mio. Tonnen. In 2020 rechnen TAVERNA *et al.* mit einer Menge von 1,1 Mio. Tonnen Altholz. LEHNER *et al.* 2014 weisen einen gesamtschweizerischen Wert zum Altholzaufkommen für das Jahr 2011 aus. Um einen übersichtlichen Vergleich mit der vorliegenden Studie machen zu können, wurden hier alle Werte von Volumen in Gewicht (Mio. Tonnen) umgerechnet<sup>62</sup>. Demnach schätzten LEHNER *et al.* 2014 das Altholzaufkommen 2011 auf 1,015 Mio. Tonnen Altholz. Diese Menge kann als Marktvolumen oder theoretisches Potenzial betrachtet werden. Eine Übersicht zu den energetisch verfügbaren Potenzialen in der Schweiz gibt Tabelle 16. Die neuen Ergebnisse der WSL-Vollerhebung bestätigten die vorhandenen Schätzungen des theoretischen Potenzials in der Vergangenheit. Der Vorteil der WSL-Ergebnisse liegt darin, dass aktuelle, räumlich differenzierte Ergebnisse vorliegen. Zudem konnte über das theoretische Potenzial hinaus auch erstmals das Handelsvolumen sowie das nachhaltige, das bereits genutzte und das zusätzlich nutzbare Potenzial der Schweiz für eine energetische Nutzung beziffert werden.

<sup>62</sup> Umrechnungsfaktor m<sup>3</sup> in Tonnen nach BAFU 2015: 1/1,85 = 0,54.

Ein Vergleich mit Deutschland ist aufgrund der unterschiedlichen Definitionen schwierig (Kap. 3.1). Rechnet man jedoch in der Schweiz für Industrierestholz rund 0,472<sup>63</sup> Mio. Tonnen und bedenkt, dass die Einwohnerzahl von Deutschland fast zehnmal grösser ist (81 Mio., DEStatis, 2015), zeigt sich, dass das Marktvolumen pro Einwohner hierzulande gut doppelt so hoch ist<sup>64</sup>. Denn gemäss MANTAU *et al.* 2010 beträgt das Marktvolumen in Deutschland 6,3 Mio. Tonnen. Für die Schweiz kann in der vorliegenden Studie für 2014 ein durchschnittliches Altholzaufkommen pro Einwohner von etwa 120 Kilogramm festgestellt werden. Für Deutschland geben MANTAU *et al.* 2010 und KALTSCHMITT *et al.* 2009, rund 80 beziehungsweise 95 Kilogramm pro Einwohner an. Aufgrund unterschiedlicher Definitionen müsste in Deutschland gemäss AltholzV 2002 auch Industrierestholz inbegriffen sein (Kap. 3.1). Umso erstaunlicher ist, dass die Werte trotzdem tiefer sind als in der Schweiz. Ursachen für sonstige Differenzen könnten, verschiedene Untersuchungszeitpunkte, Unterschiede in der Bautätigkeit und im Konsumentenverhalten sein.

Tab. 16: Umgesetzte Menge (Handelsvolumen) und Verfügbarkeit von Altholz für die energetische Nutzung in der Schweiz. Verschiedene Studien im Vergleich.

Angaben in Mio. Tonnen Altholz	Handelsvolumen	Theoretisches Potenzial (TP), Marktvolumen	Nachhaltiges Potenzial (NP)	Bereits genutztes Potenzial (BG)	Zusätzlich nutzbares Potenzial (ZP)
TAVERNA <i>et al.</i> 2010 Werte 2010 bis 2020	–	1,000-1,100	–	–	–
LEHNER <i>et al.</i> 2014 Werte 2011	–	1,015 <sup>62</sup>	–	0,442 <sup>62</sup> stofflich und energetisch eingesetzt	–
WSL Werte 2014	1,484	0,998	0,817	0,644	0,174

### Kaum kaskadische Nutzung

Die energetische Nutzung von Altholz ist zwar grundsätzlich erfreulich, jedoch sind vor einer energetischen Verwertung aus Gründen des Klimaschutzes zusätzlich eine oder mehrere stoffliche Nutzungen anzustreben (BAFU, SECO, BFE 2014). Diese kaskadische Nutzung findet heute in der Schweiz praktisch nicht statt. Im Inland wurde 2014 das meiste Altholz (99 %) direkt einer energetischen Nutzung zugeführt und nur gut 1 Prozent stofflich genutzt (Abb. 11). Der hohe Anteil von energetisch verwertetem Altholz ist wahrscheinlich zu einem grossen Teil auf die «Kostendeckende Einspeisevergütung» (KEV)<sup>65</sup> zurückzuführen, welche die energetische Verwertung fördert. All das führt dazu, dass die für eine optimale Nutzung angestrebte kaskadische Nutzung des Altholzes gemäss BAFU, BFE, SECO 2014 praktisch nicht stattfindet. Deshalb sollten konkrete Rahmenbedingungen für eine nochmalige stoffliche Nutzung geschaffen werden.

<sup>63</sup> Aufgrund aktueller Ergebnisse aus dem SCCER BIOSWEET (Bericht in Vorbereitung: THEES *et al.* 2017), kann von etwa 0,9 bis 1,2 Mio. m<sup>3</sup> (0,472 Mio. t) Restholz in der Schweiz ausgegangen werden. Umrechnung von Volumen in Gewicht: Annahmen: 1. Nadelholz/Laubholz, 1/20 (Berechnet gemäss BFS 2013, Tab. 11.4 basierend der Vollerhebung 2012, Restholzproduktion der Sägereien), 2. Gewicht Nadelholz 0,44 Tonnen, Gewicht Laubholz 0,63 Tonnen (RIEGGER 2008). Berechnungsgang:  $(\text{Volumenobergrenze} + \text{Volumenuntergrenze})/2 * (19/20) * \text{Gewicht Nadelholz} + (\text{Volumenobergrenze} + \text{Volumenuntergrenze})/2 * (1/20) * \text{Gewicht Laubholz} = ((1,2 + 0,9)/2) * 0,95 * 0,44 + ((1,2 + 0,9)/2) * 0,05 * 0,63 = 0,472$  Mio. Tonnen.

<sup>64</sup> Berechnungsgang:  $(\text{Marktvolumen Altholz} + \text{Restholz [bereits genutztes Potenzial]}/\text{Einwohner Schweiz}) / (\text{Altholz Deutschland}/\text{Einwohner Deutschland}) = ((0,998 \text{ Mio. t} + 0,472^{63} \text{ Mio. t})/8,2 \text{ Mio. Einwohner}) / (6,3 \text{ Mio. Tonnen}/81 \text{ Mio. Einwohner}) = 2,3$ .

<sup>65</sup> Die KEV (Kostendeckende Einspeisevergütung) ist ein Instrument des Bundes, welches zur Förderung der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien eingesetzt wird. Insbesondere gehören dazu auch Biomasse und Abfälle aus Biomasse. Sie deckt die Differenz zwischen Produktionskosten und Marktpreis und garantiert damit einen Preis, welcher den Produktionskosten entspricht (BFE 2016).

### **Hoher Exportanteil**

Fast ein Drittel des Altholzes (0,320 Mio. Tonnen) wurde 2014 exportiert und im Ausland zur einen Hälfte stofflich, zur anderen energetisch genutzt (Abb. 11). Das entspricht rund 88 Prozent des gesamten stofflich genutzten und einem Viertel des energetisch genutzten Schweizer Altholzes. Viele der Befragten würden das exportierte Altholz gerne in der Schweiz nutzen und sehen darin eine grosse Chance. Aufgrund der heutigen Situation sind sie jedoch gezwungen, das Altholz in den Export zu geben. Denn eine Entsorgung in der Schweiz sei zu teuer und es fehle an Abnehmern, weil Biomasse(heiz)kraftwerke teilweise nicht für die Nutzung des Altholzes ausgelegt sind. Sie verfügen gemäss den Befragten beispielsweise über zu tiefe Temperaturen für eine Verbrennung oder sind nicht mit den notwendigen Filteranlagen ausgestattet. Angestrebt wird eine inländische oder lokale Nutzung des Altholzes (TAVERNA *et al.*, 2010). Dabei könnten Transportkosten und klimaschädliche Abgase reduziert werden und die Wertschöpfung lokal stattfinden.

### **Ungenauigkeiten**

Die vorliegende Studie enthält verschiedene Unsicherheiten, die sich nicht quantifizieren lassen. So füllten die Befragten den Fragebogen selber aus, die Richtigkeit dieser Angaben konnte allerdings nur in Extremfällen (deutlich abweichende Werte, Ausreisser) überprüft werden. Dazu wurden Vollzeitäquivalente sowie die Internetseite des Unternehmens überprüft und gegebenenfalls bei der Betriebsstätte direkt nachgefragt, ob die Angaben korrekt seien. Teilweise konnten nur Schätzwerte für das Jahr 2014 angegeben werden. Ausserdem ist es möglich, dass einzelne Betriebsstätten nicht in Adressverzeichnissen, bei Ämtern oder im Internet gefunden wurden. Demzufolge konnten sie nicht befragt werden. Angaben von nicht antwortenden Betriebsstätten wurden mittels Imputationsverfahren (Kap. 3.5) ermittelt. Zudem nutzen Privathaushalte gebrauchtes Holz. Auch sie konnten nicht befragt werden. Die Hochrechnung wurde kantonal durchgeführt. Jedoch gehen viele Handelsbewegungen über kantonale Grenzen hinaus. Die Verlässlichkeit der vorliegenden Resultate könnte noch verbessert werden, indem Teilgebiete betrachtet und die Resultate geprüft werden. Je weniger Werte in den Kantonen vorhanden waren, desto unsicherer sind auch die Abschätzungen. Es gilt die Annahme, dass die nicht antwortenden Betriebsstätten die gleiche Verteilung der Mengen zeigen, wie die antwortenden.

### **Offene Fragen, weiterer Forschungsbedarf**

Die Ressource Altholz ist heute bereits knapp. Deswegen erscheint es sinnvoll, auch die zusätzlich nutzbaren Potenziale voll auszuschöpfen. Interessant wäre es, festzustellen, wie sich eine Mobilisierung dieses Potenzials (energetisch genutztes Altholz im Export) realisieren liesse.

Da die kaskadische Nutzung des Altholzes aus Gründen der CO<sub>2</sub>-Reduktion und der Wertschöpfung sinnvoll und wünschenswert ist, aber in der Schweiz kaum stattfindet, sollten die Möglichkeiten ihrer technischen und ökonomischen Umsetzung besser untersucht werden. Um bessere Aussagen zur zukünftigen Entwicklung der Altholzmengen machen zu können, müssten weitere Mengenabschätzungen und Analysen der Einflussfaktoren in den kommenden Jahren durchgeführt werden.

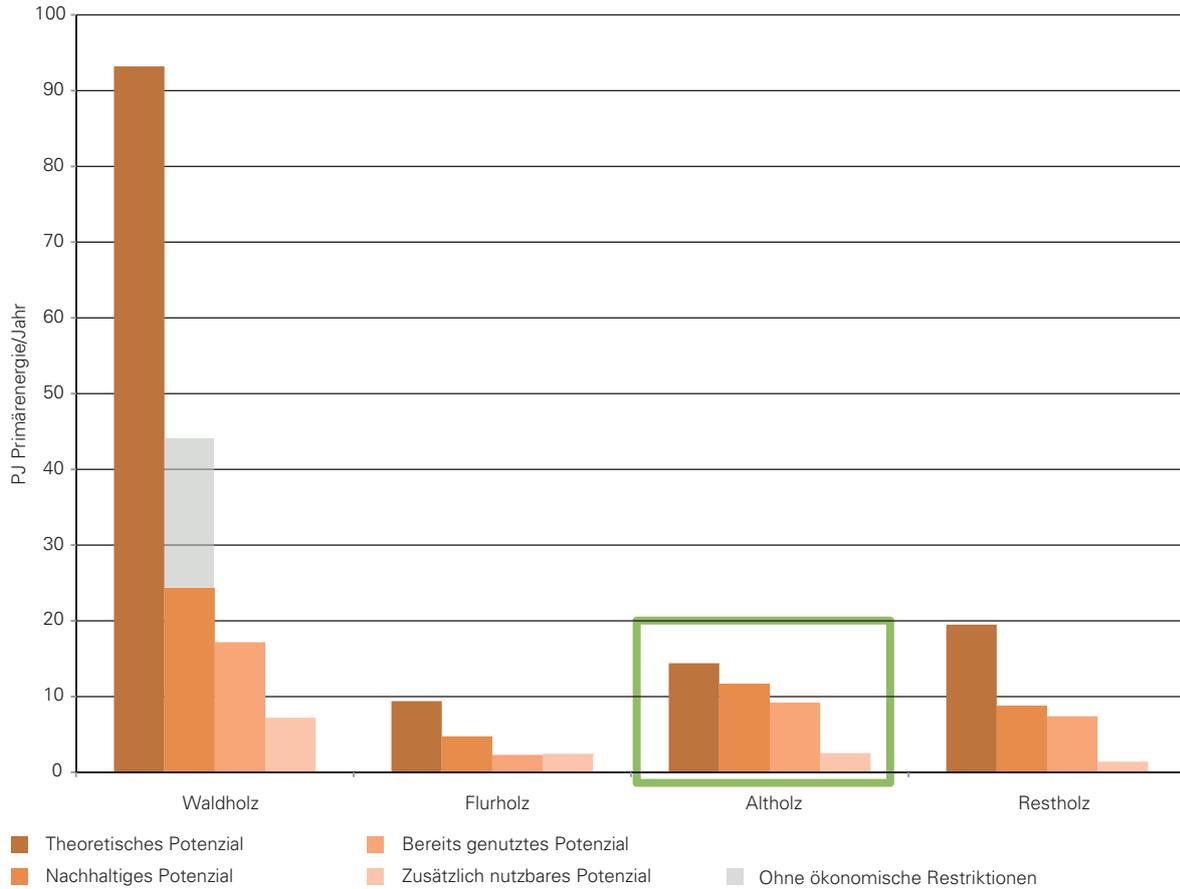


Abb. 10: Altholzpoteziale für die energetische Nutzung im Vergleich mit allen verholzten Biomassen (THEES *et al.* 2017, vorläufige Resultate). Anmerkung: Die Addition der theoretischen Potenziale führt zu falschen Ergebnissen und Interpretationen. Dies, weil das theoretische Potenzial des Restholzes und des Altholzes bereits im theoretischen Potenzial des Waldholzes enthalten sind. Für die Gestaltung des Energiesystems interessant sind vor allem die nachhaltigen Potenziale. Sie können, wie das bereits genutzte und das zusätzlich nutzbare Potenzial aufsummiert werden (siehe Kap. 6.5).

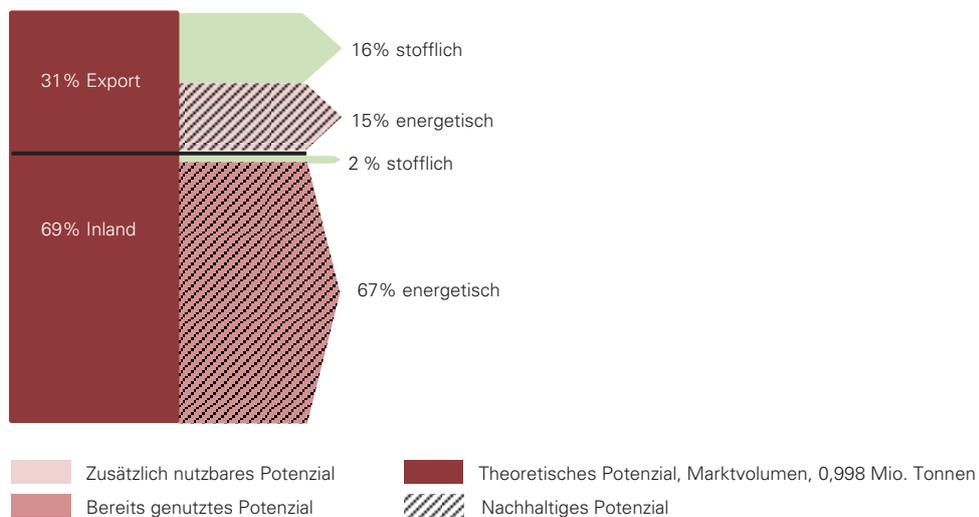


Abb. 11: Flüsse und Potenziale für eine energetische Nutzung von Schweizer Altholz im Jahr 2014. Die hellgrüne Fläche entspricht der stofflichen Nutzung.

## 6 Anhang

### 6.1 Erfasste Daten und Hochrechnung – Beispiel Kanton Aargau

Dieser Teil des Anhangs zeigt die detaillierte Erfassung der Daten und ihre Hochrechnung für die Kantone am Beispiel des Kantons Aargau. Zudem werden wichtige Auswertungen beschrieben, welche in anderen Kantonen notwendig waren. Ansonsten erfolgte die Berechnung für alle Kantone auf die gleiche Weise. Ziel war es, für jeden Kanton eine vollständige Datenmatrix zu erstellen, welche Auskunft zu jeder Betriebsstätte gibt. Damit wurde es möglich, die Daten kantonsweise in Tabelle 21 (Anhang Kap. 6.2) zusammenzufassen. Für eine allgemeine Beschreibungen der Methoden vergleiche Kapitel 3, beziehungsweise Kapitel 3.5 zur Hochrechnung.

#### 6.1.1 Übersicht

Von den gesamtschweizerisch 567 angeschriebenen Betriebsstätten befanden sich 51<sup>66</sup> Adressen im Kanton Aargau (AG). Davon beantworteten 31<sup>67</sup> Betriebsstätten die Fragen und konnten aufgrund der erfassten Menge an Altholz in eine Betriebsgrössenklasse<sup>68</sup> eingeteilt werden. Drei Betriebsstätten wurden als *Altholzentsorger* (AE)<sup>69</sup> und 22 als *Ausschliessliche Altholztransporteure* (AT)<sup>70</sup> identifiziert. Weitere sechs<sup>71</sup> konnten bei der schriftlichen<sup>72</sup> und der telefonischen<sup>73</sup> Umfrage als *Keine Altholzentsorger* oder *Ausschliessliche Altholztransporteure* (KAEAT) ermittelt werden. Somit blieben 20<sup>74</sup> Betriebsstätten ohne Antworten (KAng)<sup>74</sup> übrig. Sie gehörten gesamtschweizerisch zu den 169<sup>75</sup> Betriebsstätten, welche hochgerechnet werden mussten. Den Betriebsstätten ohne Angaben (KAng) wurden aufgrund der vorhanden gesamtschweizerischen und kantonalen Informationen Kategorien<sup>76</sup> und Betriebsgrössenklassen<sup>68</sup> zugeordnet. Darauf aufbauend erfolgte die Berechnung der Werte für einzelne fehlende Antworten (Antwortlücken) und Betriebsstätten ohne Antworten (Antwortausfälle). Im Vergleich zu Kapitel 3.5 wurde hier auch noch die «Berechnung der Mengenwerte» veranschaulicht. Sie wurde bisher aus Detailgründen nicht erwähnt.

Wie in Kapitel 3.5 beschrieben erfolgte die Hochrechnung in zwei Teilschritten:

1. Ermittlung der Grundgesamtheit der Kategorien<sup>76</sup> (Kap. 6.1.2)
2. Ermittlung des Altholzaufkommens (Kap. 6.1.3)

<sup>66</sup> Tabelle 17, Summe der Zeile «Gesamt» (Spalten 1 bis 10), Berechnungsgang:  $3+22+3+3+3+16+1=51$ . Es handelt sich um alle angeschriebenen Betriebsstätten im Kanton Aargau.

<sup>67</sup> Tabelle 17, Gesamt, Spalten 1 bis 4, Berechnungsgang:  $3+22+3+3=31$

<sup>68</sup> Der Begriff Betriebsgrössenklasse fasst die in Kapitel 3.5.2.1 beschriebenen homogenen Teilgruppen («Kein Altholz», «1–499», «500–999», ... , «über 20000») zusammen.

<sup>69</sup> Die drei erfassten AE im AG werden in Tabelle 17, Spalte 1, Zeile Gesamt ausgewiesen.

<sup>70</sup> Die 22 erfassten AT im AG, werden in Tabelle 17, Spalte 2, Zeile Gesamt ausgewiesen.

<sup>71</sup> Erfasste KAEAT im AG, abgebildet in Tabelle 17, Spalten 3 und 4, Zeilen Gesamt, Berechnungsgang:  $3+3= 6$

<sup>72</sup> Schriftlich erfasste KAEAT, Tabelle 17, Spalte 3, Zeile Gesamt, 3.

<sup>73</sup> Telefonisch erfasste KAEAT, Tabelle 17, Spalte 4, Zeile Gesamt, 3.

<sup>74</sup> Betriebsstätten ohne Angaben (KAng) im Kanton Aargau. Sie werden in Tabelle 17, Spalte 5 rot umrandet oder in den Spalten 7 bis 10, ebenfalls rot umrandet abgebildet. Berechnungsgang:  $51^{66} - 3 - 22 - 3 - 3$  (Tab. 17, Spalten 1–4) = 20.

<sup>75</sup> Gesamtschweizerisch hochzurechnende Betriebsstätten. Ausgewiesen in Tabelle 4, Spalte 2, Zeile «Wollen keine Angaben machen» (85) und Tabelle 4, Spalte 3, Zeile «Interesse» (84), Berechnungsgang:  $85+84=169$

<sup>76</sup> Als Kategorien werden *Altholzentsorger* (AE), *Ausschliessliche Altholztransporteure* (AT) und *Keine Altholzentsorger oder Ausschliessliche Altholztransporteure* (KAEAT) definiert.

- Bildung homogener Teilgruppen (Kap. 6.1.3.1)
- Antwortlücken (einzelne fehlende Antworten, Kap. 6.1.3.2)
- Antwortausfälle (Betriebsstätten ohne Antworten, Kap.6.1.3.2)
- Berechnung der Mengenverte (6.1.3.3)

Tab. 17: Übersicht zu den erfassten und hochgerechneten Betriebsstätten im Kanton Aargau.

AG	Erfasst						Hochrechnung			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Betriebsgrössenklasse	AE	AT	KAEAT		KAng		AE	AT	KAEAT	
			schriftlich	telefonisch					schriftlich	telefonisch
über 20000	0	0					0	0		
10000–19999	0	1					2	1		
5000–9999	0	0					0	0		
2500–4999	0	1			20		1	1		
1000–2499	1	6					0	4		
500–999	1	4					0	3		
1–499	1	10					0	7		
Kein Altholz	0	0	3	3			0	0	0	1
<b>Gesamt</b>	<b>3</b>	<b>22</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	---		<b>3</b>	<b>16</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

## Legende

AE	Altholzentsorger
AT	Ausschliessliche Altholztransporteure
KAEAT	Kein Altholzentsorger oder Ausschliesslicher Altholztransporteur
KAng	Keine Angabe
Grau hinterlegt	KVA (AE in Spalte 7)

### 6.1.2 Ermittlung der Altholzentsorger, Ausschliesslichen Altholztransporteure und Keine Altholzentsorger/Altholztransporteure

Damit jeder Betriebsstätte für jeden Befragungsschritt ein Mengenvert zugeordnet werden konnte, musste klar sein zu welcher Kategorie<sup>76</sup> die Betriebsstätte gehörte. Deswegen mussten alle Betriebsstätten ohne Angaben (KAng, Tab. 17, Spalte 5) einer Kategorie<sup>76</sup> zugeordnet werden.

Für die Zuordnung zu einer Kategorie<sup>76</sup> wurde im ersten Schritt eine Namensprüfung und Internetrecherche vorgenommen. Im Aargau konnten drei KVA<sup>77</sup> ermittelt werden. Sie wurden als *Altholzentsorger* (AE) eingeteilt, weil alle antwortenden KVA der Schweiz, mit einer Ausnahme<sup>78</sup> reine Altholzentsorger waren. Das heisst sie nutzten 100 Prozent der umgesetzten Altholzmenge innerbetrieblich.

In einem zweiten Schritt wurde allen hochzurechnenden Betriebsstätten<sup>74</sup> die gleiche Verteilung der Kategorien<sup>76</sup> unterstellt, wie sie sich aus den eindeutigen Antworten<sup>79</sup> ergab. Die exakte Zuteilung wird in den folgenden Abschnitten erläutert.

<sup>77</sup> Sie werden in Tabelle 17, Spalte 7 (Berechnungsgang: 2+1) ausgewiesen und sind grau hinterlegt.

<sup>78</sup> Die ausgenommene KVA vertreibt 2/3 ihrer erfassten Menge an Endnutzer zur Herstellung von Spanplatten und zur energetischen Nutzung. Aufgrund der einheitlichen Angaben der restlichen antwortenden KVA wird davon ausgegangen, dass das Altholz zu 100 % energetisch in den KVA genutzt wird.

<sup>79</sup> Für AE, AT wurden die eindeutigen Antworten der jeweiligen Kantone verwendet. Für AE, welche als KVA identifiziert werden konnten wurden die Antworten der gesamtschweizerischen KVA verwendet. KAEAT wurden aufgrund eindeutiger gesamtschweizerischer Antworten und kantonaler Antworten eingeteilt. Für exakte Erläuterungen, siehe die folgenden Abschnitte.

Bei den schriftlichen Antworten lagen, wie für alle Kantone, keine Antwortausfälle<sup>80</sup> vor. Deswegen konnte das Schätzverfahren der Kategorie KAEAT auf die telefonischen Befragungen beschränkt werden. In der telefonischen Umfrage wurden nach Kapitel 3.5.1.1 gesamtschweizerisch 36<sup>81</sup> KAEAT erfasst. 15<sup>82</sup> KAEAT mussten nach Kapitel 3.5.1.1 gesamtschweizerisch hochgerechnet und auf die Kantone verteilt werden. Drei telefonisch ermittelte KAEAT befanden sich im Kanton Aargau<sup>83</sup>. Es stellte sich die Frage, wie viele der gesamtschweizerisch hochzurechnenden KAEAT<sup>82</sup> dem Kanton Aargau zugeteilt werden mussten. Dazu wurde das Verhältnis der drei telefonisch erfassten KAEAT im Kanton Aargau zu den 36 gesamtschweizerisch erfassten auf die gesamtschweizerisch hochzurechnenden 15<sup>82</sup> übertragen.<sup>84</sup> Dadurch konnte ein<sup>85</sup> KAEAT dem Kanton Aargau zugeordnet werden.

Demnach blieben im Aargau 19<sup>86</sup> Betriebsstätten übrig. Sie gehörten gesamtschweizerisch zu den 154<sup>87</sup> Betriebsstätten, welche als AE oder als AT zugeteilt werden mussten. Die Aufteilung erfolgte aufgrund der erfassten AE und AT des Kantons. Das heisst im Aargau wurde das Verhältnis<sup>88</sup> von drei<sup>89</sup> AE zu 22<sup>70</sup> AT auf die 19<sup>86</sup> hochzurechnenden Betriebsstätten übertragen. Demnach mussten zwei<sup>89</sup> Betriebsstätten den AE und 17<sup>90</sup> den AT zugeordnet werden. Aus der Namensprüfung und der Internetrecherche konnten jedoch bereits drei Betriebsstätten als KVA und damit als eindeutige AE identifiziert werden<sup>91</sup>. Stellte man in den Kantonen durch die Namensprüfung und Internetrecherche eine grössere Menge AE fest, als durch die anschliessende Abschätzung<sup>89</sup>, wurde die Menge AE aus den Recherchen für die weiteren Berechnungen verwendet. War die abgeschätzte Menge grösser, verwendete man sie für alle weiteren Berechnungen. Im Kanton Aargau wurde deswegen von drei AE ausgegangen. Die Grundgesamtheit aller AE und AT<sup>92</sup> in den Kantonen war jedoch gegeben. Deswegen wurde der «zusätzliche»<sup>93</sup> AE aus der Namensprüfung und Internetrecherche von den AT abgerechnet<sup>94</sup>, wozu das arithmetische Mittel der erfassten Altholzmenge aller Transporteure diente. Anschliessend wurde aus den in Kapitel 3.5.2.1 ermittelten Betriebsgrössenklassen, jener Altholztransporteur gesucht, welcher am nächsten beim Mittelwert lag und entfernte ihn. Es wurde ein Transportbetrieb im mittleren Bereich gewählt, damit die Altholzmenge weder gegen «unten» noch gegen «oben» verfälscht wird.

<sup>80</sup> Tabelle 4, Spalte 1, Zeilen «Interesse» und «Wollen keine Angaben machen», Berechnungsgang: 0+0=0. Für die schriftliche Umfrage werden deswegen auch keine KAEAT zugeteilt (vgl. Tab. 17, Spalte 9).

<sup>81</sup> Tabelle 4, Spalte 2, Berechnungsgang: 13+23=36

<sup>82</sup> Es handelt sich dabei um die Schätzung für die gesamtschweizerisch hochzurechnenden KAEAT. Sie werden in Tabelle 4, Spalte 7 ausgewiesen, Berechnungsgang: 5+10 oder  $\left(\frac{13}{285-85}\right) * 85 + \left(\frac{23}{285-85}\right) * 85 = 15$ . Genauere Informationen zur Berechnung können dem Kapitel 3.5.1.1 entnommen werden.

<sup>83</sup> Es sind 3 telefonisch erfasste KAEAT im Aargau vorhanden. Sie werden in Tabelle 17, Spalte 4 aufgeführt.

<sup>84</sup> Berechnungsgang:  $\left(\frac{3}{36}\right) * 15 = 1,25$ , gerundet 1. Diese für den Kanton Aargau geschätzte KAEAT Betriebsstätte wird in Tabelle 17, Spalte 10, Zeile «Kein Altholz» ausgewiesen.

<sup>85</sup> Der KAEAT wird in Tabelle 17, Spalte 10 ausgewiesen.

<sup>86</sup> Differenz zwischen allen KAng des Kantons Aargau und den im Kanton Aargau zugeteilten KAEAT<sup>84</sup>. Entspricht der Grundgesamtheit der AE und AT im Kanton AG. Berechnungsgang: 20(KAng) - 1(KAEAT)= 19.

<sup>87</sup> Es handelt sich um die als AE oder AT hochzurechnenden Betriebsstätten. Berechnungsgang: 169<sup>75</sup> -15<sup>82</sup>= 154

<sup>88</sup> Verhältnis:  $\frac{3}{(22+3)}$ , der Nenner bezieht sich auf die drei AE, der Zähler auf die gesamte Menge AE und AT im Aargau.

<sup>89</sup> Die Zuweisung der AE im AG erfolgte mit dem folgenden Berechnungsgang:  $\left(\frac{3}{25}\right) * 19 = 2,28$ , gerundet 2.

<sup>90</sup> Die Zuweisung der AT im AG erfolgte mit dem folgenden Berechnungsgang:  $\left(\frac{22}{25}\right) * 19 = 16,72$ , gerundet 17.

<sup>91</sup> Ermittlung durch Namensprüfung und Internetrecherche. Vergleiche Anfang dieses Kapitels (6.1.2).

<sup>92</sup> Im Kanton Aargau besteht die Grundgesamtheit der hochzurechnenden AE und AT aus den in Fussnote 86 berechneten 19 Betriebsstätten.

<sup>93</sup> Differenz aus den drei<sup>91</sup> bei der Namensprüfung und Internetrecherche identifizierten und den zwei<sup>89</sup> geschätzten AE. Berechnungsgang: 3-2=1 «zusätzlicher» AE.

<sup>94</sup> Hochzurechnende AT im AG. Berechnungsgang: 17<sup>90</sup>-1<sup>84</sup>=16, Tabelle 17, Spalte 8.

### 6.1.3 Ermittlung des Altholzaufkommens

Um Gemeinsamkeiten aus den eindeutigen Antworten besser auf die hochzurechnenden Betriebsstätten übertragen zu können, wurden in diesem Kapitel die hochzurechnenden AE und AT homogenen Teilgruppen zugeordnet (Kap. 6.1.3.1). Zur Vervollständigung der Datenmatrix wurden innerhalb der Teilgruppen anschliessend Mengenwerte für Antwortlücken und Antwortausfälle (Kap. 6.1.3.2) für alle hochzurechnenden Betriebsstätten gebildet.

Aufgrund der erfassten Altholzmengen der antwortenden Betriebsstätten wurden die hochzurechnenden drei AE (Kap. 6.1.2) und 16 AT (Kap. 6.1.2) im Kanton Aargau Betriebsgrössenklassen<sup>68</sup> zugeordnet (Kap. 6.1.3.1). Die drei AE liessen sich in Kapitel 6.1.2 alle als KVA identifizieren. Das Altholzaufkommen und die beantworteten Fragen der gesamtschweizerisch antwortenden KVA variierten deutlich weniger, als bei anderen AE. Deswegen wurde das Altholzaufkommen der drei KVA im Kanton AG aufgrund der eindeutigen Antworten aller schweizerischen KVA ermittelt (Kap. 6.1.3.1.1). Alle anderen AE<sup>95</sup> wurden nach dem Kapitel 6.1.3.1.2 aufgrund der antwortenden AE analog zu den AT berechnet<sup>96</sup>.

#### 6.1.3.1 Einteilung in homogene Teilgruppen (Betriebsgrössenklassen)

Aus den in Kapitel 3.5.2.1 aufgeführten Gründen wurden, basierend auf den Angaben der antwortenden Betriebsstätten, Betriebsgrössenklassen<sup>68</sup> gebildet und auf die Betriebsstätten ohne Angaben übertragen. Die AE und AT im Kanton AG ordnete man aufgrund der Kapitel 6.1.3.1.1 und 6.1.3.1.2 homogenen Teilgruppen<sup>97</sup> zu.

##### 6.1.3.1.1 Einteilung der drei KVA Altholzentsorger im Aargau

Aus den erwähnten Gründen (Kap. 6.1.3) wurden die drei AE ohne Angaben (Kap. 6.1.2) aufgrund der Verteilung zugeordnet, wie sie sich aus den gesamtschweizerischen eindeutigen Antworten aller KVA ergaben.

Zunächst teilte man die antwortenden KVA nach der umgesetzten Menge in Betriebsgrössenklassen<sup>68</sup> ein. Tabelle 18 zeigt die Zuteilung. Die Verteilung der elf<sup>98</sup> gesamtschweizerisch antwortenden KVA wurde auf die gesamtschweizerisch 19<sup>99</sup> hochzurechnenden übertragen. Die stillgelegte KVA erfuhr keine Berücksichtigung. Das heisst elf<sup>100</sup> konnten der Teilgruppe 2 500 bis 4 999 und jeweils vier<sup>101</sup> KVA den Teilgruppen mit 5 000 bis 9 999 Tonnen und 10 000 bis 19 999 Tonnen zugewiesen.

<sup>95</sup> Es sind alle AE ohne Information zum Anlagentyp KVA gemeint.

<sup>96</sup> Dies ist ein Hinweis für die Ermittlung von AE in anderen Kantonen als dem AG. Denn im AG sind alle zugewiesenen AE auch KVA.

<sup>97</sup> Die gebildeten Gruppen sind aus Tabelle 5 in Kapitel 3.5.2.1 ersichtlich.

<sup>98</sup> Die gesamtschweizerisch 11 antwortenden KVA sind in Tabelle 18, Spalten 1 und 3 abgebildet. Berechnungsgang:  $10+1=11$ .

<sup>99</sup> Die gesamtschweizerisch 19 hochzurechnenden KVA (KAng) sind in Tabelle 18, Spalte 2, bzw. in Spalte 5 eingeteilt nach Betriebsgrössenklassen<sup>68</sup> abgebildet.

<sup>100</sup> Berechnungsgang:  $\frac{6}{10} * 19 = 11$ . Tabelle 18, Spalte 1, Zeile 2 500–4 999 (6) und Zeile Gesamt (10). Die hochgerechneten 11 werden in Tabelle 18 Spalte 5 dargestellt.

<sup>101</sup> Berechnungsgang:  $\frac{2}{10} * 19 = 4$ . Tabelle 18, Spalte 1, Zeilen 5 000–9 999 (2), bzw. 10 000–19 999 (2) und Zeile Gesamt (10). Die hochgerechneten 4 werden in Tabelle 18 Spalte 5 dargestellt.

Tab. 18: Gegenüberstellung und Einteilung der gesamtschweizerisch erfassten und der hochgerechneten KVA nach erfasster Menge Altholz in Betriebsgrössenklassen.

KVA CH	Erfasst				Hochrechnung
	1	2	3	4	5
Spalten					
Kategorie	AE	KAng	KAEAT		AE
t	n	n	n		n
über 20 000	0				0
10 000–19 999	2				4
5 000–9 999	2				4
2 500–4 999	6	19			11
1 000–2 499	0				0
500–999	0				0
1–499	0				0
Kein Altholz	0	0	1 (stillgelegt)		0
<b>Gesamt</b>	<b>10</b>	<b>19</b>	<b>1</b>		<b>19</b>

## Legende

AE Altholzentsorger

AT Ausschliessliche Altholztransporteure

KAEAT Kein Altholzentsorger oder Ausschliesslicher Altholztransporteur

KAng Keine Angabe

Damit grobe Schätzungen auf kantonaler Ebene gemacht werden konnten, stellte sich die Frage, welche der drei<sup>91</sup> hochzurechnenden Aargauer KVA welcher Betriebsgrössenklasse angehörten. Dazu wurden die Adressen der KVA mit einem Zufallsgenerator den Betriebsgrössenklassen zugewiesen. Mit der Funktion «Rand» (in Excel) wurden allen 19 KVA der Schweiz ohne Angaben ein zufälliger Wert zugeordnet<sup>102</sup>. Aufgrund dieses Werts wurden die Betriebsstätten mit den kleinsten Zufallszahlen den kleinsten, jene mit grösseren Zahlen einer grösseren Betriebsgrössenklasse<sup>68</sup> zugewiesen<sup>103</sup>. Dieses Vorgehen hat den Nachteil, dass bei Auswertungen auf Kantonsebene einer grossen KVA zufällig ein kleiner Wert oder umgekehrt zugewiesen werden kann. Gesamtschweizerisch fiel diese Problematik jedoch nicht ins Gewicht, weil sich grosse und kleine Mengewerte gegenseitig aufheben. Kantonal kann es zu Verzerrungen der Resultate führen. Besser wäre an dieser Stelle gewesen, mit einem arithmetischen Mittelwert der KVA zu rechnen.

Von den drei KVA Altholzentsorgern des Kantons Aargau fielen demnach einer in die Betriebsgrössenklasse 2 500 bis 4 999 und zwei in jene mit 10 000 bis 19 999 Tonnen erfasstem Altholz.

<sup>102</sup> Tabelle 19, Spalte «Zufällig zugeordneter Wert»

<sup>103</sup> Tabelle 19, Spalten «Betriebsgrössenklasse» und «Zufällig zugeordneter Wert»

Tab. 19: Beispielhafte Zuordnung der schweizerisch hochzurechnenden KVA zu den Kantonen mit Hilfe einer Zufallszahl.

Adresse der hochgerechneten KVA (beispielhaft)	Betriebsgrössenklasse (t erfasstes Altholz)	Zufällig zugeordneter Wert (Zufallszahl)
KVA 1 (AG)	10 000–19 999	13 5145
KVA 2 (AG)	10 000–19 999	12 6135
...	...	...
KVA 6	5 000–9 999	15 461
KVA 7	5 000–9 999	12 233
...	...	...
KVA 17	2 500–4 999	294
KVA 18	2 500–4 999	278
KVA 19 (AG)	2 500–4 999	151

### 6.1.3.1.2 Einteilung Altholztransporteure

Die 16<sup>94</sup> AT ohne Angaben wurden aufgrund der Verteilung der eindeutigen Antworten der 22<sup>70</sup> erfassten AT in Betriebsgrössenklassen eingeteilt<sup>104</sup>. Das heisst, sieben<sup>105</sup> konnten der Teilgruppe 1 bis 499, drei<sup>106</sup> der Gruppe 500–999, vier<sup>107</sup> jener mit 1000 bis 2499, je einer<sup>108</sup> jener mit 2500 bis 4999 und 10000 bis 19999<sup>109</sup> zugewiesen werden.

### 6.1.3.2 Ermittlung der Mengenwerte von Antwortlücken und Antwortausfällen

In den Kapiteln 6.1.2 und 6.1.3 erfolgte die Zuordnung der AE und AT in die Betriebsgrössenklassen<sup>68</sup>. Darauf aufbauend wird in diesem Kapitel erläutert, wie Antwortlücken<sup>110</sup> und Antwortausfälle<sup>111</sup> geschätzt wurden. Weil sich die Antworten der AE und AT deutlich unterschieden, wurde das nachfolgend beschriebene Verfahren für beide Kategorien<sup>76</sup> separat durchgeführt. Aus den in Kapitel 6.1.3 aufgeführten Gründen wurden die drei AE des Kantons Aargau mit den eindeutigen Antworten aller schweizerischen KVA berechnet. Alle anderen AE<sup>95</sup> berechnete man nach dem Kapitel 6.1.3.2 aufgrund der antwortenden AE analog zu den AT<sup>96</sup>. Für Antwortlücken (Kap. 6.1.3.2) und Antwortausfälle (Kap. 6.1.3.2) wurden in diesem Kapitel Prozentwerte berechnet, welche anschliessend aufgrund von Kapitel 6.1.3.3 in Mengenwerte (Tonnen) umgerechnet wurden.

<sup>104</sup> Tabelle 17, Spalte 8 zeigt die 16<sup>94</sup> zugeteilten AT.

<sup>105</sup> Berechnungsgang:  $\frac{10}{22} * 16 = 7,27$ , gerundet 7. Sie werden in Tabelle 17, Spalte 8, Zeile «1-499» ausgewiesen. Die 10 stammen aus Tabelle 17, Spalte 2, Zeile 1–499, die 22 beziehen sich auf die Zeile «Gesamt».

<sup>106</sup> Berechnungsgang:  $\frac{4}{22} * 16 = 2,91$ , gerundet 3. Sie werden in Tabelle 17, Spalte 8, Zeile «500–999» ausgewiesen. Die 4 stammt aus Tabelle 17, Spalte 2, Zeile «500–999», die 22 bezieht sich auf die Zeile «Gesamt».

<sup>107</sup> Berechnungsgang:  $\frac{6}{22} * 16 = 4,36$ , gerundet 4. Sie werden in Tabelle 17, Spalte 8, Zeile «1000–2499» ausgewiesen. Die 6 stammt aus Tabelle 17, Spalte 2, Zeile «1000–2499», die 22 beziehen sich auf die Zeile «Gesamt».

<sup>108</sup> Berechnungsgang:  $\frac{1}{22} * 16 = 0,73$ , gerundet 1. Sie werden in Tabelle 17, Spalte 8, Zeile «2500–4999» ausgewiesen. Im Berechnungsgang bezieht sich der Nenner auf den in Tabelle 17, Spalte 2, Zeile «2500–4999» ausgewiesenen und erfassten AT. Der Zähler bezieht sich auf die Zeile «Gesamt» derselben Spalte.

<sup>109</sup> Berechnungsgang:  $\frac{1}{22} * 16 = 0,73$ , gerundet 1. Sie werden in Tabelle 17, Spalte 8, Zeile «10000–19999» ausgewiesen. Im Berechnungsgang bezieht sich der Nenner auf den in Tabelle 17, Spalte 2, Zeile «10000–19999» ausgewiesenen und erfassten AT. Der Zähler bezieht sich auf die Zeile «Gesamt» derselben Spalte.

<sup>110</sup> Einzelne fehlende Antworten. Die Berechnung wird in Kapitel 6.1.3.2 beschrieben. Beispiele aus dem Kanton Aargau sind in Tabelle 20 mit **grüner** und **blauer** Schrift geschrieben.

<sup>111</sup> Betriebsstätten ohne Angaben. Die Berechnung wird in Kapitel 6.1.3.2 beschrieben. Beispiele aus dem Kanton Aargau sind in Tabelle 20 mit **roter** Schrift geschrieben.

Tab. 20: Auszug aus der Ergebnistabelle des Kantons Aargau für AT der Betriebsgrössenklasse<sup>68</sup> «1 000-2 499» Tonnen Altholz. Die Daten beziehen sich auf das Jahr 2014.

	Ad	KT	BgKI	EGr	AH 2014	EigS	EigS	VaEB	VaEB	I	I	Wv	Wv	Ibn	Ibn
	Spalten	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Einheit		t		t	t	%	t	%	t	%	t	%	t	%
Betriebsstätten ohne Antworten	AT1	AG	1000-2499	2	1965	1965	100	0	0	0	0	1965	100	0	0
	AT2	AG	1000-2499	2	1965	1965	100	0	0	0	0	1965	100	0	0
	AT3	AG	1000-2499	2	1965	1965	100	0	0	0	0	1965	100	0	0
	AT4	AG	1000-2499	2	1965	1965	100	0	0	0	0	1965	100	0	0
					↑		↑		↑		↑		↑		↑
								Mittelwert							
Antwortende Betriebsstätten	AT5	AG	1000-2499		2443	2443	100	0	0	0	0	2443	100	0	0
	AT6	AG	1000-2499		2286	2286	100	0	0	0	0	2286	100	0	0
	AT7	AG	1000-2499		2000	2000	100	0	0	0	0	2000	100	0	0
	AT8	AG	1000-2499		1227	1227	100	0	0	0	0	1227	100	0	0
	AT9	AG	1000-2499		1132	1132	100	0	0	0	0	1132	100	0	0
	AT10	AG	1000-2499		1227	1227	100	0	0	0	0	1227	100	0	0

Legende

Schwarze Schrift In der Umfrage erfasste Antworten

Grüne Schrift **Antwortlücken (6.1.3.2)**

Rote Schrift **Antwortausfälle (6.1.3.2)**

Blaue Schrift **Antwortlücken ermittelt aufgrund der Angaben aller Betriebsgrössenklassen der Altholztransporteure im AG (6.1.3.2)**

Ad Kategorie<sup>76</sup> und Adresse der Betriebsstätte (AT, Ausschliesslich Altholztransporteur, 1–10 Adresse)

AH 2014 Im Betrieb erfasste Mengen Altholz 2014

AT 1-10 Altholztransporteur mit Adresse 1 bis 10

BgKI Betriebsgrössenklasse oder homogene Teilgruppe

EGr Hochzurechnende Betriebsstätten und ihre zugeordnete Kategorie<sup>76</sup>. AE = 1, AT=2, KAEAT = 3

EigS Eigene Sammlung von Altholz

Wv Weitervertriebenes Altholz

I Import von Altholz

Ibn Innerbetriebliche Nutzung

KT Kanton

t Tonnen Altholz, berechnet mit Hilfe der erfassten Altholzmenge (AH 2014, Spalte 4) und den %-Angaben der jeweiligen Spalte.

VaEB Von anderen Entsorgungsbetrieben erhaltene Menge Altholz

% Prozent der erfassten Menge Altholz (AH 2014, Spalte 4).

Diese Werte wurden zur Ermittlung der **grünen Antwortlücken** und den **roten Antwortausfälle** derselben Spalte benutzt. Anschliessend erfolgte die Ermittlung in Tonnen über die «AH 2014».

### Antwortlücken

Damit die Datenmatrix vervollständigt werden konnte, mussten Informationen zu einzelnen nicht oder fehlerhaft beantworteten Fragen geschätzt werden. Die folgenden Abschnitte beschreiben das Vorgehen. Um auch für Betriebsstätten ohne jegliche Angaben Werte zu ermitteln, musste für die Schätzung zwischen «Antwortlücken bei der erfassten Altholzmenge 2014» (Tabelle 20, Spalte 4, AH 2014, **blau**) und «sonstigen Antwortlücken» (Tab. 20, **grün**) unterschieden werden. Die Ermittlung war für AE<sup>112</sup> und AT dieselbe.

### Antwortlücke bei der erfassten Altholzmenge 2014

War der Fragebogen einer Betriebsstätte zwar mehrheitlich ausgefüllt, fehlte jedoch die Information zur erfassten Altholzmenge<sup>113</sup>, wurde die gleiche Altholzmenge unterstellt, wie sie sich aus dem Mittelwert der eindeutigen Antworten des gesamten Kantons ergab. Dabei verwendete man nur die eindeutigen Antworten jener Kategorie<sup>76</sup>, in welche die Betriebsstätte mit der Antwortlücke aufgrund ihrer eindeutigen Antworten eingeteilt worden war. Im Kanton Aargau ergab sich der in Tabelle 20 blau geschriebene Wert (**1227**). Es wurde darauf verzichtet, die erfassten Mengen aller AT im Aargau auszuweisen.

### Sonstige Antwortlücken

Für alle weiteren Antwortlücken<sup>114</sup> wurde aufgrund der eindeutigen Antworten des jeweiligen Befragungsschritts der Mittelwert nach Kanton und homogener Teilgruppe berechnet. Das heisst beispielsweise, die **grün** geschriebenen Prozentwerte jedes Befragungsschritts in Tabelle 20 errechneten sich aus dem arithmetischen Mittelwert der **blau umrandeten** Prozentwerte derselben Spalte. Falls es sich um die einzige Betriebsstätte in dieser Betriebsgrössenklasse<sup>68</sup> handelte oder gleich alle Betriebsstätten der Betriebsgrössenklasse<sup>68</sup> keine Angaben gemacht hatten, wurde der arithmetische Mittelwert über alle AE oder AT verwendet.

### Antwortausfälle

Solche Betriebsstätten wollten entweder explizit keine Angaben machen, oder zeigten zwar Interesse, konnten jedoch nicht mehr innerhalb der vorgegebenen Frist antworten<sup>115</sup>. Ihnen wurden die gleichen Altholz mengen unterstellt, wie sie sich aus den Mittelwerten der eindeutigen Antworten jedes Befragungsschritts im jeweiligen Kanton und innerhalb der homogenen Teilgruppen<sup>68</sup> ergaben. Das heisst die Vorgehensweise war dieselbe, wie in Kapitel unter «sonstigen Antwortlücken» beschrieben. Demnach wurden im Aargau beispielsweise die **roten** Prozentwerte in Tabelle 20 aus dem arithmetischen Mittelwert der **blau umrandeten** Prozentwerte derselben Spalte errechnet.

### Berechnung der Mengenwerte jedes Befragungsschritts

Nach der Berechnung eines Prozentwertes für jede «Antwortlücke» und jeden «Antwortausfall» war für alle Betriebsstätten zu jedem Befragungsschritt (Abb. 14, Kap. 6.4) des Fragebogens ein dazugehöriger Wert vorhanden. Damit zu jedem Befragungsschritt Aussagen in Mengenwerten (t) gemacht werden konnten, wurden die Prozentwerte jedes Befragungsschritts mit ihrem Anteil an der erfassten Altholzmenge<sup>116</sup> verrechnet. Im einfachsten Fall, wie beispielsweise im Ausschnitt von Tabelle 20, konnten die Altholz mengen jeweils direkt aus den prozentualen Anteilen des jeweiligen Befragungsschritts berechnet werden (Kap. 6.1.3.2). In anderen Fällen mussten teilweise mehrere Anteilswerte aus der Befragung berücksichtigt werden. Da jedoch

<sup>112</sup> Aus den in Kapitel 6.1.3 erwähnten Gründen wurden die AE im Kanton Aargau aufgrund der gesamtschweizerischen eindeutigen Antworten aller KVA abgeschätzt.

<sup>113</sup> Zum Beispiel in Tabelle 20, Spalte 4, **blaue Schrift (1227)** für AT der Betriebsgrössenklasse «1 000–2 499» im AG dargestellt.

<sup>114</sup> Zum Beispiel in Tabelle 20, Spalten 5 bis 15, **grüne Schrift**.

<sup>115</sup> Tabelle 4, Spalte 2, 85 und Spalte 3, 84 oder im Kanton Aargau Tabelle 17, Spalte 5 (20).

<sup>116</sup> Frage 1 des Fragebogens

die Befragungsschritte aufeinander aufbauten (Abb. 14), konnte aufgrund der erfassten Gesamt-Altholzmenge<sup>117</sup> jeweils die Altholzmenge eines bestimmten Befragungsschritts errechnet werden. Ein Beispiel hierfür ist der Mengenwert von Frage 5 des Fragebogens (Tab. 22). Er hängt zunächst von Frage 3a ab. Diese wiederum ist ein Anteilswert von der erfassten Altholzmenge in Frage 1. Es ergibt sich der folgende Berechnungsgang:

Formel 7:

*Altholzmenge Frage 5 = erfasste Altholzmenge aus Frage 1 \* Anteilswert aus Frage 3a \* Anteilswert aus Frage 5*

---

<sup>117</sup> Tabelle 20, Spalte 4

## 6.2 Resultate der Kantone

### 6.2.1 Erfasste Daten und Hochrechnung

Tab. 21: Gegenüberstellung von erfassten Daten und hoch gerechneten Werten für das Jahr 2014 in der Schweiz mit Auflösungsebene Kanton. Die Tabelle unterscheidet zwischen den Untersuchungsschritten (schriftlich erfasst [grün], telefonisch erfasst [rot] und Schätzung [blau]) und der Art der Unternehmen (Altholzentsorger, ausschl. Transport, Keine Altholzentsorger). Die Zeile Gesamtvolumen (grau) zeigt die kantonalen Gesamtmengen. Am Schluss wird eine gesamtschweizerische Zusammenfassung (gelb) gegeben. Vergleiche dazu auch Tabelle 6.

KT	Umfrageschritt	Gr	ABS	HV (t)	TP (t)	NP (t)	BG (t)	ZN (t)	Bemerkungen	
FR	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0		
		Ausschl. Transport	7	25346	10064	4823	0	4823		
		Keine Altholzentsorger	1			---				
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0		
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0		
		Keine Altholzentsorger	4			---				
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1		3956	3956	3956	0	davon 1 KVA	
		Ausschl. Transport	2	8652	5583	1861	0	1861		
		Keine Altholzentsorger	2			---				
	Gesamtvolumen			17	37954	19603	10640	3956	6684	
	SO	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	2	13686	13686	13686	13686	0	
			Ausschl. Transport	4	847	0	0	0	0	
Keine Altholzentsorger			3			---				
Telefonisch erfasst		Altholzentsorger	1	30000	30000	29700	29700	0		
		Ausschl. Transport	2	16697	15759	15357	0	15357		
		Keine Altholzentsorger	0			---				
Geschätzte Menge		Altholzentsorger	2	7323	7323	7323	7323	0	davon 1 KVA	
		Ausschl. Transport	4	15993	15357	15357	0	15357		
		Keine Altholzentsorger	0			---				
Gesamtvolumen			18	84546	82125	81423	50709	30714		
AG		Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	2	2808	2808	2808	2808	0	
			Ausschl. Transport	16	23519	307	307	0	307	
	Keine Altholzentsorger		3			---				
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	1	253	253	253	253	0		
		Ausschl. Transport	6	3465	2000	2000	0	2000		
		Keine Altholzentsorger	3			---				
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	3	29930	29930	25145	20360	4785	davon 3 KVAs	
		Ausschl. Transport	16	23678	2000	2000	0	2000		
		Keine Altholzentsorger	1			---				
	Gesamtvolumen			51	83653	37298	32513	23421	9092	
	AI	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
			Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	
Keine Altholzentsorger			0			---				
Telefonisch erfasst		Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0		
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0		
		Keine Altholzentsorger	0			---				
Geschätzte Menge		Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0		
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0		
		Keine Altholzentsorger	0			---				
Gesamtvolumen			0	0	0	0	0	0		

KT	Umfrageschritt	Gr	ABS	HV (t)	TP (t)	NP (t)	BG (t)	ZN (t)	Bemerkungen
AR	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	0
		Ausschl. Transport	2	1 019	613	613	0	613	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	0
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	0
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			2	1 019	613	613	0	613
BE	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	10	109944	109944	109939	109939	0	
		Ausschl. Transport	25	54 225	8 567	6 370	0	6 370	
		Keine Altholzentsorger	13			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	3	4 649	4 649	4 649	4 649	0	
		Ausschl. Transport	10	25 252	78	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	5			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	7	60 540	60 540	58 143	55 751	2 393	davon 3 KVA s
		Ausschl. Transport	19	48 003	5 879	3 919	0	3 919	
		Keine Altholzentsorger	2			---			
	Gesamtvolumen			94	302 613	189 657	183 020	170 339	12 681
BL	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	1 080	1 080	1 080	0	1 080	
		Ausschl. Transport	7	27 666	12 727	9 607	0	9 607	
		Keine Altholzentsorger	3			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	2	711	711	711	520	191	
		Ausschl. Transport	1	100	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	2	711	711	711	520	191	
		Ausschl. Transport	7	27 628	12 710	9 608	0	9 608	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			23	57 896	27 939	21 717	1 040	20 677
BS	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	19 890	19 890	19 890	19 890	0	
		Ausschl. Transport	1	1 310	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	3			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	2 337	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1	3 956	3 956	3 956	3 956	0	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			7	27 493	23 846	23 846	23 846	0
GE	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	2	10 981	10 981	1 112	1 112	0	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	5	28 322	2 107	2 107	0	2 107	
		Keine Altholzentsorger	4			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	1	5 367	5 367	5 367	5 367	0	
		Ausschl. Transport	1	10	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1	5 367	5 367	5 367	5 367	0	
		Ausschl. Transport	2	4 224	2 107	2 107	0	2 107	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			17	54 271	25 929	16 060	11 846	4 214

KT	Umfrageschritt	Gr	ABS	HV (t)	TP (t)	NP (t)	BG (t)	ZN (t)	Bemerkungen
GL	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	2	8300	2900	2900	0	2900	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	1396	524	524	0	524	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1	3956	3956	3956	3956	0	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			4	13652	7380	7380	3956	3424
GR	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	3	5400	5400	5400	5400	0	
		Ausschl. Transport	7	9294	3067	1017	0	1017	
		Keine Altholzentsorger	3			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	2	39392	38842	38842	38842	0	
		Ausschl. Transport	3	1814	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	4			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1	3956	3956	3956	3956	0	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	3	1899	625	377	0	377	
		Keine Altholzentsorger	2			---			
	Gesamtvolumen			28	61755	51890	49592	48198	1394
JU	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	2	1793	550	550	0	550	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	550	550	550	0	550	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	550	550	550	0	550	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			6	2893	1650	1650	0	1650
LU	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	1288	1288	1288	1288	0	
		Ausschl. Transport	8	64603	14760	4500	0	4500	
		Keine Altholzentsorger	4			---			davon 1 KVA (Betrieb stillgelegt)
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	1	45508	45508	45508	45508	0	
		Ausschl. Transport	5	26736	8562	6019	0	6019	
		Keine Altholzentsorger	2			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1	1288	1288	1288	1288	0	
		Ausschl. Transport	8	32912	16232	7463	0	7463	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Gesamtvolumen			31	172335	87638	66066	48084	17982
NE	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	3433	3433	3433	3433	0	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	4	5583	2015	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	150	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			

KT	Umfrageschritt	Gr	ABS	HV (t)	TP (t)	NP (t)	BG (t)	ZN (t)	Bemerkungen		
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1	6434	6434	6434	6434	0	davon 1 KVA		
		Ausschl. Transport	2	1 235	0	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
	Gesamtvolumen		10	16835	11 882	9867	9867	0			
NW	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	4984	4984	4984	4984	0			
		Ausschl. Transport	1	3	0	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0			
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0		Information, dass es sich um einen Transporteur handelt.	
		Ausschl. Transport	1	3	0	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
	Gesamtvolumen		3	4990	4984	4984	4984	0			
	OW	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0		0	
			Ausschl. Transport	2	14 039	7 723	7 023	0		7 023	
Keine Altholzentsorger			0			---					
Telefonisch erfasst		Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0			
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
Geschätzte Menge		Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0			
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
Gesamtvolumen			2	14 039	7 723	7 023	0	7 023			
SG		Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	3	14 838	14 838	4 086	4 086	0	davon 1 KVA	
			Ausschl. Transport	11	30 925	23 989	14 567	0	14 567		
	Keine Altholzentsorger		6			---					
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	2	29 500	29 500	24 715	19 930	4 785			
		Ausschl. Transport	7	10 540	7 312	4 598	0	4 598			
		Keine Altholzentsorger	3			---					
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	3	24 290	24 290	17 201	17 201	0	davon 2 KVAs		
		Ausschl. Transport	10	17 537	13 075	6 571	0	6 571			
		Keine Altholzentsorger	2			---					
	Gesamtvolumen		47	127 630	113 003	71 738	41 217	30 521			
	SH	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	198	178	178	178	0		
			Ausschl. Transport	1	98	0	0	0	0		
Keine Altholzentsorger			1			---					
Telefonisch erfasst		Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0			
		Ausschl. Transport	1	2 155	1 078	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
Geschätzte Menge		Altholzentsorger	1	198	178	178	178	0			
		Ausschl. Transport	1	2 155	1 078	0	0	0			
		Keine Altholzentsorger	0			---					
Gesamtvolumen			6	4 804	2 511	356	356	0			

KT	Umfrageschritt	Gr	ABS	HV (t)	TP (t)	NP (t)	BG (t)	ZN (t)	Bemerkungen
SZ	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	737	737	737	737	0	
		Ausschl. Transport	5	1560	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	4			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	1	13687	10534	10534	4927	5606	
		Ausschl. Transport	3	1080	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	3	1128	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			18	18192	11271	11271	5664	5606
TG	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	3	2195	2195	2193	2193	0	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	9	8021	1600	320	0	320	
		Keine Altholzentsorger	2			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	2	8005	8005	8005	8005	0	
		Ausschl. Transport	2	1506	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	3			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	2	1988	1988	1988	1988	0	
		Ausschl. Transport	3	2794	788	158	0	158	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Gesamtvolumen			27	24509	14576	12664	12186	478
TI	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	9	15994	2223	45	0	45	
		Keine Altholzentsorger	2			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	1	12987	12987	10595	8202	2393	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	8	14454	1793	45	0	45	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			20	43435	17004	10685	8202	2483
UR	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	1	50	50	50	50	0	
		Ausschl. Transport	3	1920	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	0	0	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Gesamtvolumen			4	1970	50	50	50	0
VD	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	5	14949	14521	11614	11605	9	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	10	21528	11339	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	5			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	1	11474	11474	11474	11474	0	
		Ausschl. Transport	3	1065	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	3			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	3	14629	14604	13272	13263	9	
		Ausschl. Transport	6	12149	8061	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Gesamtvolumen			37	75794	59998	36360	36343	18

KT	Umfrageschritt	Gr	ABS	HV (t)	TP (t)	NP (t)	BG (t)	ZN (t)	Bemerkungen
VS	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	3	43600	40239	40222	40222	0	
		Ausschl. Transport	6	6559	5547	2093	0	2093	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	1	5	5	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	8	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	4	11873	11873	11868	11868	0	davon 3 KVAs
		Ausschl. Transport	8	6684	5651	2093	0	2093	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	<b>Gesamtvolumen</b>			<b>24</b>	<b>68729</b>	<b>63314</b>	<b>56276</b>	<b>52090</b>	<b>4187</b>
ZG	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	400	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	1			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	2	1774	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	0	0	0	0	0	0	
		Ausschl. Transport	1	337	0	0	0	0	
		Keine Altholzentsorger	0			---			
	<b>Gesamtvolumen</b>			<b>5</b>	<b>2511</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
ZH	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	8	56706	55181	55181	53732	1449	davon 5 KVAs
		Ausschl. Transport	20	60336	38216	5590	0	5590	
		Keine Altholzentsorger	6			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	1	1000	1000	0	0	0	
		Ausschl. Transport	8	11345	2588	2588	0	2588	
		Keine Altholzentsorger	6			---			
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	3	36940	35415	35415	33966	1449	davon 1 KVA
		Ausschl. Transport	11	13673	3645	2529	0	2529	
		Keine Altholzentsorger	3			---			
	<b>Gesamtvolumen</b>			<b>66</b>	<b>180000</b>	<b>136045</b>	<b>101303</b>	<b>87698</b>	<b>13605</b>
CH	Schriftlich erfasst	Altholzentsorger	49	306767	301433	277881	275343	2538	davon 10 KVAs
		Ausschl. Transport	166	412191	147699	61819	0	61819	
		Keine Altholzentsorger	67			---			
	Telefonisch erfasst	Altholzentsorger	19	189551	185848	179758	169175	10582	
		Ausschl. Transport	61	108999	39063	32248	0	32248	
		Keine Altholzentsorger	36			---			davon 1 KVA (Betrieb stillgelegt)
	Geschätzte Menge	Altholzentsorger	38	230322	228752	210752	199533	11219	davon 19KVAs
		Ausschl. Transport	116	235687	95133	54638	0	54638	
		Keine Altholzentsorger	15			---			
	<b>Gesamtvolumen</b> (Altholzmengen auf 1000 t gerundet)			<b>567</b>	<b>1484000</b>	<b>998000</b>	<b>817000</b>	<b>644000</b>	<b>173000</b>

ABS	Altholz Betriebsstätte
CH	Schweiz
Gr	Gruppe
HV	Handelsvolumen
KT	Kanton
TP, NP, BG, ZP	Theoretisches Potenzial, Nachhaltiges Potenzial, Bereits genutztes Potenzial und zusätzlich nutzbares Potenzial
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage

### 6.3 Altholzmengen in den Gemeinden

Vergleicht man Abbildung 12 und 13, so zeigt sich, dass viele kleine und mittlere Betriebsstätten mit Altholz handeln, während einige grosse Betriebsstätten das Altholz meist zur Energieerzeugung nutzen.

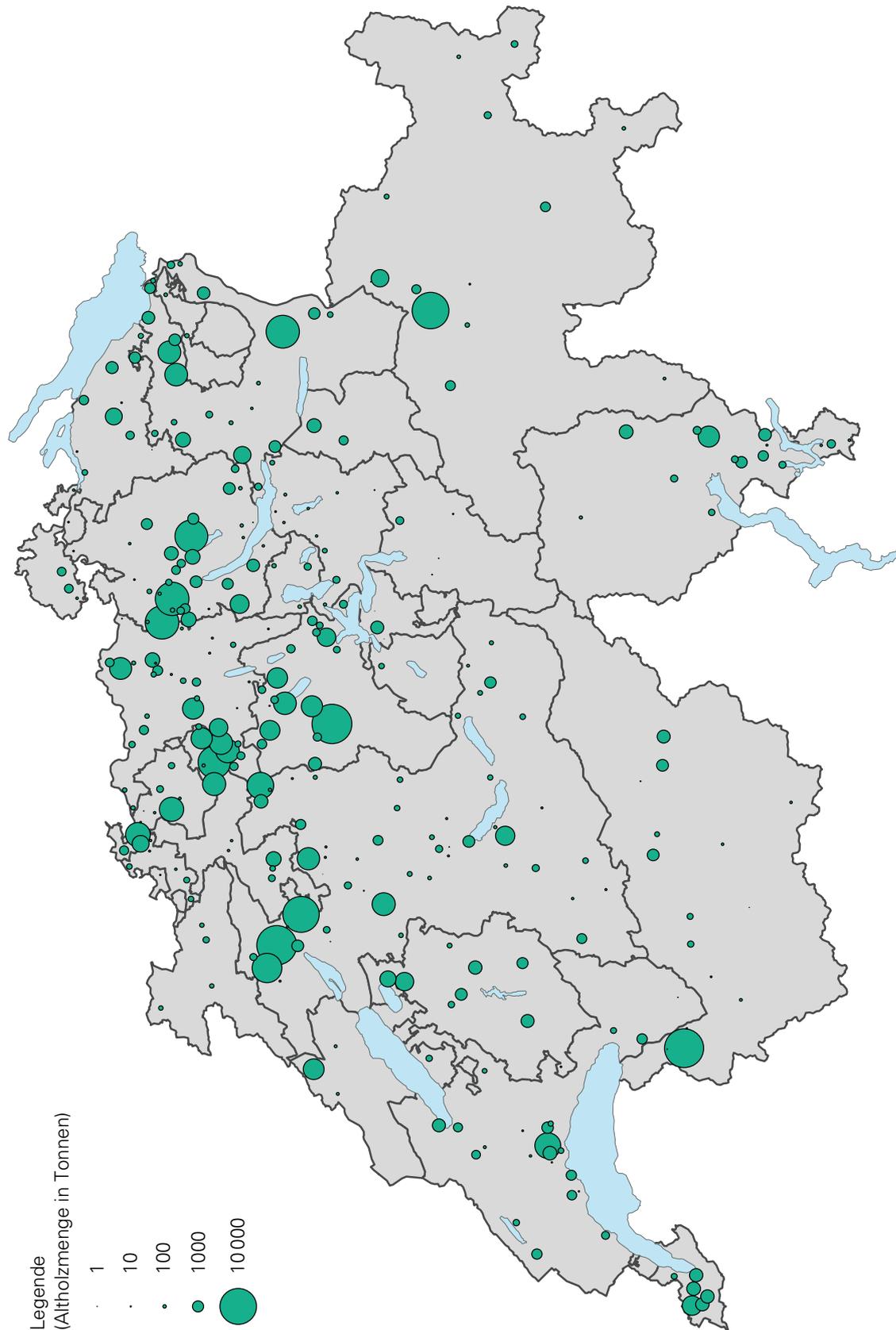
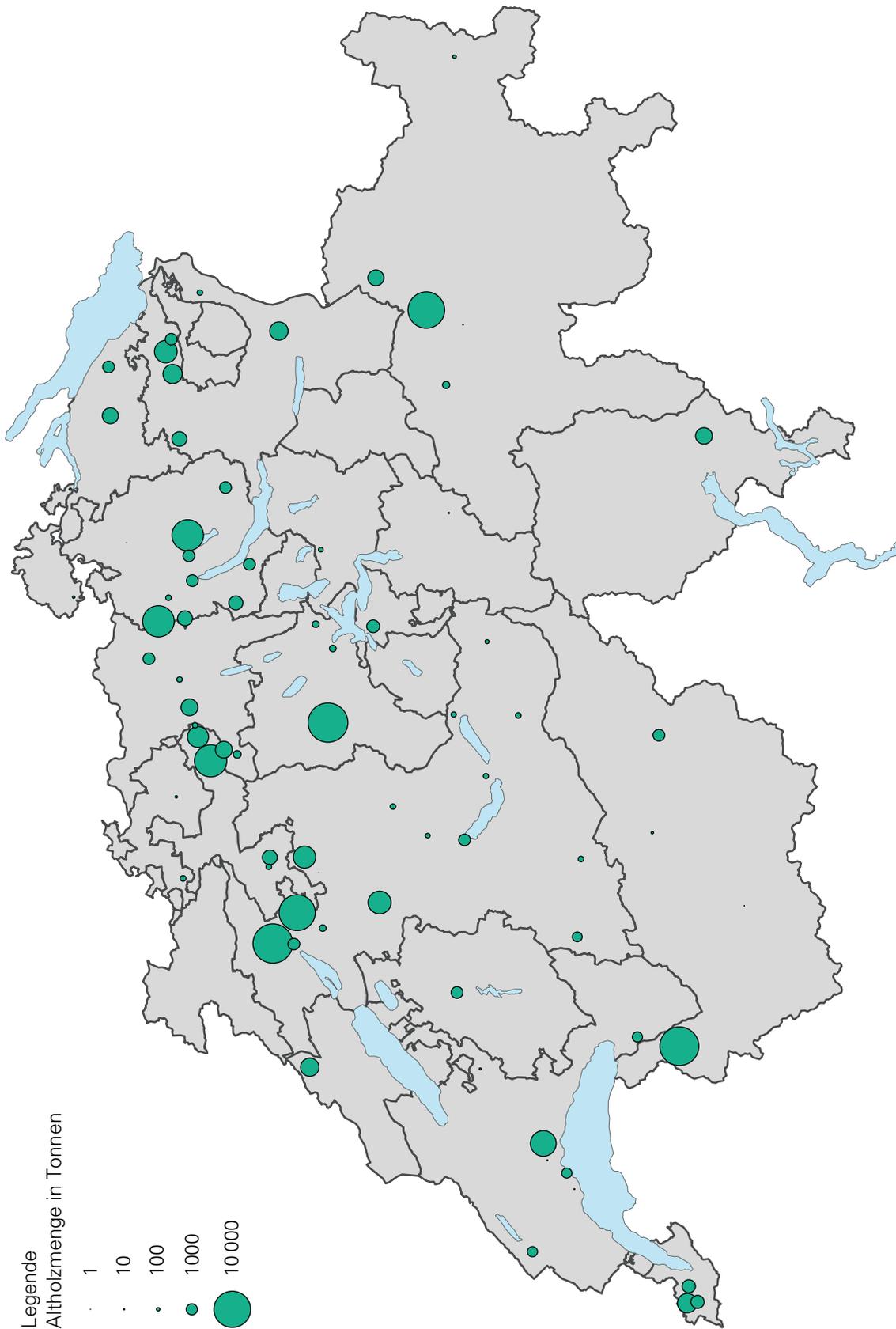


Abb. 12: Räumliche Verteilung der, in der Umfrage erfassten und zugeschätzten Altholzmengen 2014 (Handelsvolumen, 1,484 Mio. Tonnen).



Legende  
Altholzmenge in Tonnen

- 1
- 10
- 100
- 1000
- 10000

Abb. 13: Räumliche Verteilung der 2014 innerbetrieblich genutzten Altholzmengen (0,669 Mio. Tonnen, inklusive geschätzte Mengen). Dazu zählen energetische Nutzung, Herstellung von Spanplatten, Beseitigung (Deponie), Anderes (z.B. Kompostierung). Hauptanteil hat mit 0,644 Mio. Tonnen die energetische Nutzung.

## 6.4 Fragebogen zu Altholzaufkommen und -vertrieb in der Schweiz

Abbildung 14 zeigt den Aufbau des Fragebogens und die Antwortmöglichkeiten. Die Nummern zeigen die Fragen des Fragebogens, die Kästchen die Antwortmöglichkeiten.

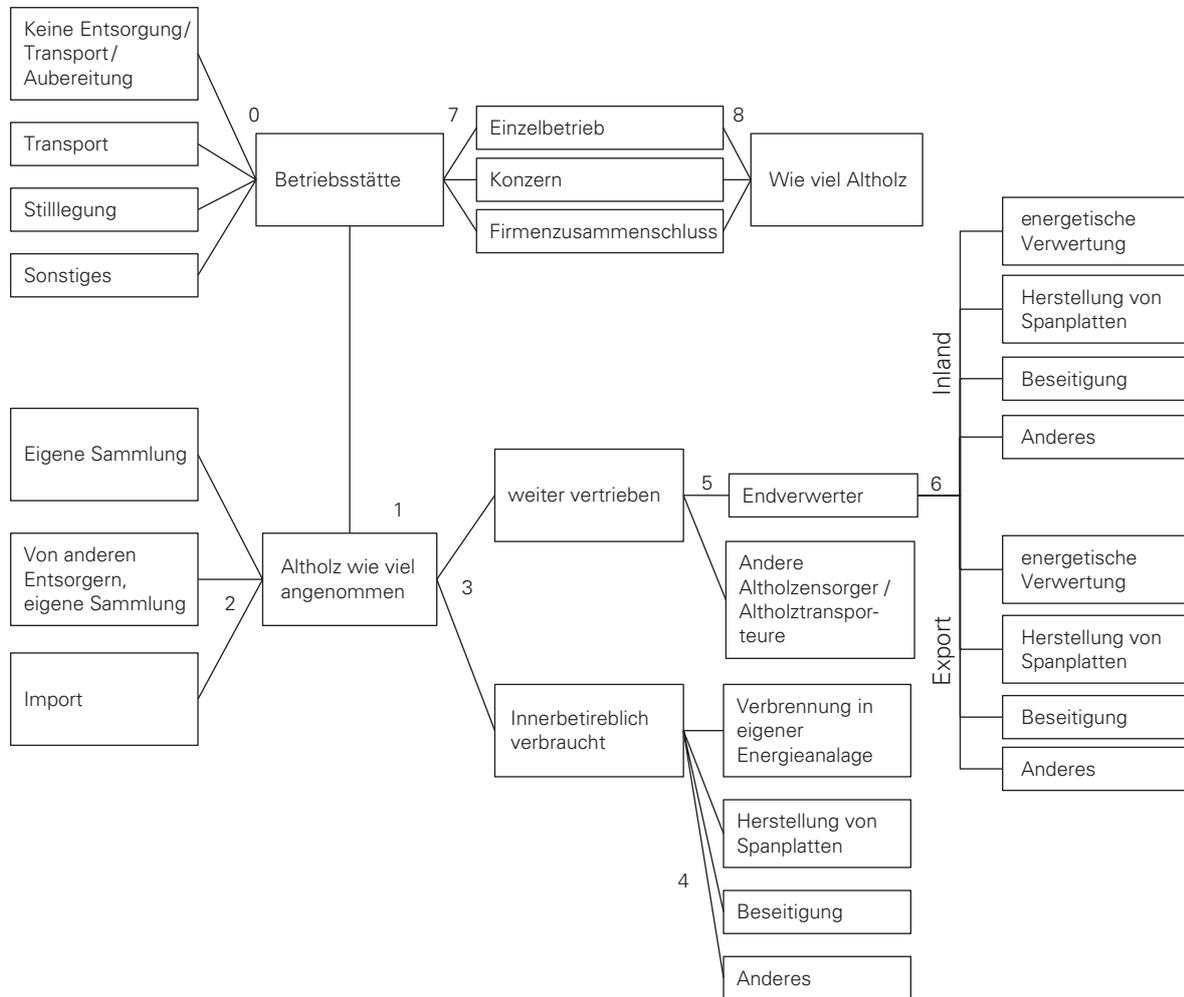


Abb. 14: Aufbau des Fragebogens (Kap. 6.4). Die Nummern zeigen die Fragen des Fragebogens, die Kästchen die Antwortmöglichkeiten.

Tab. 22: Fragebogen zu Altholzaufkommen und -vertrieb in der Schweiz.

**Adresse** «Bezeichnung»  
 «Strasse»  
 «PLZ» «Ort»

Bitte korrigieren sie ggf. Ihre Adresse. Bei Interesse an der Studie, teilen Sie uns bitte Ihre email-Adresse mit: \_\_\_\_\_

Machen Sie die folgenden Angaben bitte nur zum im Adressfeld oben angegebenen Betrieb. Falls Sie den Fragebogen nicht beantworten können, kreuzen Sie bitte an, warum (Bitte auch dann in jedem Fall zurücksenden):

- 0/1  Keine Entsorgung/Sammlung/Aufbereitung von Altholz in diesem Betrieb
- 0/2  Ausschliesslich Transport von Altholz (keine Sammlung, Sortierung oder Aufbereitung)
- 0/3  Betrieb still gelegt
- 0/4  Sonstiges: \_\_\_\_\_

### 1. Wie viel Altholz haben Sie 2014 in diesem Betrieb angenommen/erfasst?

Im Jahr 2014 1/ \_\_\_\_\_ Tonnen Altholz, davon Nadelholz 2/ \_\_\_\_\_ %  
 Anteil Klasse A1 (naturbelassenes Holz) 3/ \_\_\_\_\_ %  
 Anteil Klasse A2 (verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes Altholz) 4/ \_\_\_\_\_ %  
 Anteil Klasse A3 (Altholz mit halogenorganischen Verbindungen z.B. PVC beschichtet) 5/ \_\_\_\_\_ %  
 Anteil Klasse A4 (Behandeltes Altholz) 6/ \_\_\_\_\_ %  
 100%

### 2. Aus welchen Quellen stammt das im Jahr 2014 in diesem Betrieb angenommene Altholz?

Eigene Sammlung 7/ \_\_\_\_\_ %  
 (vom Abfallerzeuger, inkl. eigene Produktion)

Von anderen Entsorgungsbetrieben 8/ \_\_\_\_\_ %  
 (auch von Betriebsstätten des eigenen Unternehmens)

Import (Land: \_\_\_\_\_) 9/ \_\_\_\_\_ %  
 100%

### 4. Wie teilt sich die Altholzmenge aus 3b auf?

Verbrennung in eigener Energieanlage 12/ \_\_\_\_\_ %  
 Beseitigung (Deponie) 13/ \_\_\_\_\_ %  
 Spanplatten 14/ \_\_\_\_\_ %  
 Anderes: \_\_\_\_\_ 15/ \_\_\_\_\_ %  
 100%

### 3. Wie verfahren Sie mit dem in diesem Betrieb anfallenden Altholz?

Es wird weiter vertrieben 10/ \_\_\_\_\_ %  
 (verarbeitet oder unverarbeitet)

Es handelt sich um eine im Betrieb umgesetzte Menge zur Produktion von Energie, Spanplatten, zur Beseitigung oder Anderes 11/ \_\_\_\_\_ %  
 100%

### 5. Wenn Sie Altholz weiter vertreiben, wie viel von dieser Menge (3a) liefern Sie an

Endverwerter/Endnutzer 16/ \_\_\_\_\_ %  
 (Spanplatte oder Heizkraftwerke)

Andere Altholzaufbereiter 17/ \_\_\_\_\_ %  
 (Sammler/Sortierer)  
 100%

<p><b>6. An welche Endverwerter wird das Altholz von Ihnen weiter vertrieben (Menge aus 5a)?</b></p> <p>Im <b>Inland</b> zur:</p> <p>Herstellung von Spanplatten 18/ _____ %</p> <p>Energetischen Verwertung 19/ _____ %</p> <p>Beseitigung 20/ _____ %</p> <p>Anderes: _____ 21/ _____ %</p> <p><b>Export</b> zur:</p> <p>Herstellung von Spanplatten 22/ _____ %</p> <p>Energetischen Verwertung 23/ _____ %</p> <p>Beseitigung 24/ _____ %</p> <p>Anderes: _____ 25/ _____ %</p> <p style="text-align: right;">100%</p>	<p><b>7. Ist Ihr Betrieb ein Einzelunternehmen oder einem Konzern zugehörig?</b></p> <p>26/ <input type="radio"/> Einzelbetrieb</p> <p>27/ <input type="radio"/> Konzern/Unternehmensgruppe (rechtlich selbstständig) zugehörig Name: _____</p> <p>28/ <input type="radio"/> Firmenzusammenschlusses (rechtlich nicht selbstständig) Name: _____</p>
--	--

**8. Wie viel Altholz wird in Ihrem gesamten Konzern, resp. Firmenzusammenschluss erfasst (sofern kein Einzelbetrieb)**

Im Jahr 2014 29/ \_\_\_\_\_ Tonnen Altholz

**9. Für eine Tonne Altholz erhielten wir 2014 durchschnittlich** (Antwort freiwillig)

für die Klasse A1 (naturbelassenes Holz) 30/ \_\_\_\_\_ CHF/t

für die Klasse A2 (verleimtes, gestrichenes, beschichtetes, lackiertes Altholz) 31/ \_\_\_\_\_ CHF/t

für die Klasse A3 (Altholz mit halogenorganischen Verbindungen z. B. PVC beschichtet) 32/ \_\_\_\_\_ CHF/t

für die Klasse A4 (Behandeltes Altholz) 33/ \_\_\_\_\_ CHF/t

**10. Was wird sich in Zukunft nach ihrer Meinung im Altholzaufkommen und -vertrieb von Altholz (d. h. im Geschäftsfeld) vor allem ändern?**

---



---



---



---



---



---



---



---

Zusätzlich wurde noch ein Feld für allgemeine **Bemerkungen** zur Verfügung gestellt. Aus Platzgründen wird dieses hier nicht gezeigt.

## 6.5 Vergleich Altholzpoteziale mit anderen Biomassen

Text zu Abbildung 10

Das Restholz ist zu 100 Prozent und Altholz teilweise im Waldholz enthalten, denn grössere Mengen werden als Bauholz oder Möbel in die Schweiz importiert und hier erstgenutzt (2014 waren es gemäss BAFU 2015 rund 420 000 Tonnen). Für die Gestaltung des Energiesystems interessant sind vor allem die nachhaltigen Potenziale. Sie können, wie das bereits genutzte und das zusätzlich nutzbare Potenzial aufsummiert werden. Der Grund liegt darin, dass auf dieser Potenzialebene die stoffliche Nutzung im Gegensatz zur Ebene der theoretischen Potenziale abgezogen ist und es daher nicht mehr zu Doppelzählungen kommt. Es handelt sich bei den nachhaltigen Potenzialen um Mittelwerte von unterschiedlichen Bewirtschaftungsarten, Marktsituationen oder Kostenbetrachtungen. Das nachhaltige Potenzial von Energieholz aus dem Wald bezieht sich auf einen moderaten Vorratsabbau. Es ergibt sich ausgehend von der «möglichen» Holzernte (gemäss Massimo, Management Scenario Simulation Model) nach Abzug von Reservatsflächen, Ernteverlusten, der stofflichen Nutzung und einer kostendeckenden Bereitstellung bis 5,9 Rp./kWh. Der graue Balken gibt an, wie viel Waldholz unabhängig von den Kosten ökologisch nachhaltig genutzt werden könnte (etwa 44 PJ). Das nachhaltige Restholzpotenzial ist abhängig von der Nutzung des Waldholzes und bezieht sich auf eine Nutzung bei Holzerntekosten bis 112 CHF/m<sup>3</sup>.

## 7 Literatur

- AltholzV, Altholzverordnung, 2002: Verordnung über Anforderungen an die Verwertung und Beseitigung von Altholz, Stand: 15.08.2002.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt, 2014: Verordnung über den Verkehr mit Abfällen, VEVA online, Stand Dezember 2014. 26 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt, 2015: Jahrbuch Wald und Holz 2015, Bundesamt für Umwelt, Bern. 162 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt; BFE, Bundesamt für Energie; SECO, Staatssekretariat für Wirtschaft, 2014: Ressourcenpolitik Holz. Strategie, Ziele und Aktionsplan Holz. 34 S.
- BAFU, Bundesamt für Umwelt, 2016: <http://www.bafu.admin.ch>, Stand: 08.05.2016.
- BFE, Bundesamt für Energie, 2016: <http://www.bfe.admin.ch>, Stand: 19.05.2016.
- BFE, Bundesamt für Energie, 2006: Masse Einheiten, Zahlen: Umrechnungsfaktoren, Masseneinheiten und Energieinhalte. 1 S.
- BFS, Bundesamt für Statistik, 2014: Datensatz, Ständige Wohnbevölkerung nach Geschlecht, Staatsangehörigkeits- kategorie und Kanton am 31.12.2014, Sektion Demographie und Migration, Definitive Jahresergebnisse, Statistik der Bevölkerung und Haushalte.
- DEStatis, Statistisches Bundesamt, 2015: Ergebnisse der Bevölkerungsfortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011. Auch auf: [https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/Zensus\\_Geschlecht\\_Staatsangehoerigkeit.html](https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Bevoelkerung/Bevoelkerungsstand/Tabellen/Zensus_Geschlecht_Staatsangehoerigkeit.html), Stand: 11.04.2016.
- KALTSCHMITT, M.; HARTMANN, H.; HOFBAUER, H., 2009: Energie aus Biomasse, Grundlagen, Techniken und Verfahren. 2. Auflage. Berlin Heidelberg, Springer-Verlag. 1030 S.
- LEHNER, L.; KINNUNEN, U.; WEIDNER, J.; LEHNER, J.; PAULI, B.; MENK, J. *et al.* 2014: Branchenanalyse, Analyse und Synthese der Wertschöpfungskette (WSK) Wald und Holz in der Schweiz. 345 S.
- LRV, Luftreinhalte- Verordnung, 2016: Fassung 01.01.2016. 98 S.
- LWF, Bayrische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2012: Der Energieinhalt von Holz. Merkblatt 12, Zentrum Wald Forst Holz. 4 S.
- MANTAU, U.; WEIMAR, H.; KLOCK, T., 2012: Standorte der Holzwirtschaft, Holzrohstoffmonitoring, Altholz im Entsorgungsmarkt, Aufkommens- und Vertriebsstruktur 2010, Universität Hamburg, Zentrum Holzwirtschaft, Ökonomie der Holz- und Forstwirtschaft. 30 S.
- MEINLSCHMIDT, P.; MAURUSCHAT, D.; BRIESEMEISTER, R., 2016: Altholzsituation in Europa und Deutschland, Übersichtsbeitrag, Chemie, Ingenieur, Technik. 88, 4: 475–482.
- MURER, R., 2015: Altholz: Entsorgen um zu Versorgen; In: 8. Tagung Holzenergie, Berner Fachhochschule, Die Fachveranstaltung zu aktuellen Themen effizienter Holzenergiegewinnung aus Unternehmenssicht, Biel 11.02.2015. 151–160.
- NIGG, H.; HOFER, P.; TAVERNA, R., 2012: Energieholzpotenzial AR + AI, Schlussbericht. 65 S.
- RIEGGER, W., 2008: Umrechnungsfaktoren Waldholz und Restholz, Schweizerische Interessengemeinschaft Industrieholz. 4 S.
- SCHNELL, R.; HILL, P.; ESSER, E., 2005: Methoden der Empirischen Sozialforschung, Oldenbourg, München. 589 S.
- TAVERNA, R.; MEISTER, R.; HÄCHLER, K., 2010: Abschätzung des Altholzaufkommens und des CO<sub>2</sub>-Effektes aus seiner energetischen Verwertung, Schlussbericht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). 63 S.
- THEES, O.; BURG, V.; ERNI, M.; LEMM, R., 2017: Schlussbericht SCCER-Biosweet, «Biomassepotenziale der Schweiz für die energetische Nutzung», in Vorbereitung.
- VeVA, Verordnung über den Verkehr mit Abfällen, 2005: Stand, Juli 2016, Auch auf: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021080/index.html>
- VSE, Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen, 2013: Strom aus Biomasse, Basiswissen-Dokument, Auch auf: [http://www.strom.ch/fileadmin/user\\_upload/Dokumente\\_Bilder\\_neu/010\\_Downloads/Basiswissen-Dokumente/11\\_Biomasse.pdf](http://www.strom.ch/fileadmin/user_upload/Dokumente_Bilder_neu/010_Downloads/Basiswissen-Dokumente/11_Biomasse.pdf), Stand: Januar 2016. 13 S.
- VVEA, Verordnung über die Vermeidung, den Verkehr und die Entsorgung von Abfällen, 2015: Fassung 01.01.2016; Auch auf: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20141858/201601010000/814.600.pdf>, Stand: 29.04.2016. 46 S.
- WEIMAR, H., 2009: Empirische Erhebung im Holzrohstoffmarkt am Beispiel der neuen Sektoren Altholz und Grossfeuerungsanlagen. Lang, Frankfurt am Main. 253 S.